

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 810 802**

51 Int. Cl.:

A61B 34/30 (2006.01)

A61B 17/29 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2013 E 17171068 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3238650**

54 Título: **Posicionador de herramienta articulado y sistema que emplea mismo**

30 Prioridad:

19.06.2013 US 201361837112 P

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

09.03.2021

73 Titular/es:

**TITAN MEDICAL INC. (100.0%)
170 University Avenue, Suite 1000
Toronto, Ontario M5H 3B3, CA**

72 Inventor/es:

**ROBERT, RENE;
ZITNICK, DAVID ALLEN;
CAMERON, PETER JOHN KENNETH;
FARIA, LEONARD M. y
BAJO, ANDREA**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 810 802 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

Posicionador de herramienta articulado y sistema que emplea mismo

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 Esta invención se refiere a manipuladores robóticos y más particularmente a un posicionador de herramienta articulado con un ejemplo del uso del posicionador de herramienta articulado para cirugía laparoscópica.

Técnica relacionada

15 Los sistemas quirúrgicos articulados para cirugía laparoscópica están ganando aceptación. Existen varios sistemas, incluido un sistema descrito en la Publicación de los Estados Unidos Núm. 2012/0253131 A1 publicada el 4 de octubre de 2012 a Malkowski et al.

20 Malkowski et al. describe un sistema quirúrgico que incluye uno o más brazos que definen un pasaje a través del mismo. El brazo incluye una porción proximal configurada para posicionarse exteriormente del cuerpo de un paciente y una porción distal configurada para posicionarse dentro de una cavidad interior del cuerpo. La porción distal incluye primer y segundo segmentos articulables separados entre sí y con capacidad de articulación independiente entre una configuración sustancialmente recta y una configuración articulada. Un primer conjunto de articulación está acoplado a la porción proximal de un brazo y transita entre un primer estado y un segundo estado para articular el primer segmento articulable entre la configuración sustancialmente recta y la configuración articulada. Un segundo conjunto de articulación está acoplado a la porción proximal del brazo y está configurado para moverse entre una pluralidad de posiciones para articular el segundo segmento articulable entre la configuración sustancialmente recta y la configuración articulada. Los enlaces que forman segmentos articulables de los conjuntos de articulación están presionados por resortes en una posición sustancialmente recta y los cables están tensados y no tensados para tirar selectivamente de las partes del primer y segundo conjuntos de articulación de manera que se pierde la neutralidad de la tensión entre los cables internos opuestos y esto mueve el brazo entre la pluralidad de posiciones.

35 La disposición descrita por Malkowski et al. podría ser complicada de ensamblar debido a los resortes en los enlaces y es probable que requiera una manipulación cuidadosa por parte de un operador que debe tener en cuenta para contrarrestar la presión ejercida por los resortes para evitar el enderezamiento no deseado de los segmentos articulables.

40 El documento US20030135204A1 describe un instrumento médico controlado robóticamente que incluye una sección de flexión que soporta una herramienta en el extremo distal, en el que un controlador electrónico controla la sección de flexión para proporcionar al menos un grado de libertad de movimiento.

El documento US20090299344A1 describe un dispositivo de guía que comprende una guía alargada que incluye una luz de instrumento para recibir a su través un instrumento operado manualmente que tiene un eje del instrumento.

45 El documento US20050096694A1 describe un instrumento endoscópico o laparoscópico que incluye una herramienta distal, un eje alargado rígido o flexible que soporta la herramienta distal y un mango proximal o miembro de control.

El documento US2011/0295242A1 describe un dispositivo y un sistema para controlar el movimiento de un extremo de trabajo de un dispositivo quirúrgico por medio de un sistema robótico.

50 El documento WO2010098871A2 describe aparatos y métodos que permiten combinar técnicas de cirugía endoscópica y laparoscópica en una técnica quirúrgica híbrida mínimamente invasiva.

Resumen

55 La presente invención, tal como se establece en la reivindicación 1 adjunta independiente, proporciona un aparato de posicionamiento de herramienta articulado alternativo que evita la necesidad de resortes que presionan segmentos articulados en una posición recta mediante el uso de cables con capacidad de tensión y compresión que conectan elementos terminales entre enlaces articulados, soportando así el empuje y tiro de los cables y proporcionando un montaje más simple.

60 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un aparato de posicionamiento de herramienta articulado. El aparato incluye un miembro base, un miembro intermedio, un miembro de extremo y un primer soporte de herramienta dispuestos en sucesión, cada uno del miembro base, miembro intermedio, miembro de extremo y soporte de herramienta tiene una abertura central respectiva. El aparato incluye además una primera pluralidad de guías acopladas entre el miembro base y el miembro intermedio, al menos una de la primera pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro base y al menos una de la primera pluralidad de guías acopladas está acoplada al intermedio

miembro. Cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas tiene una abertura central respectiva. El aparato incluye además una segunda pluralidad de guías acopladas entre el miembro intermedio y el miembro de extremo. Al menos una de la segunda pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro intermedio y al menos una de la segunda pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro de extremo. Cada guía acoplada de la segunda pluralidad de guías acopladas también tiene una abertura central respectiva. El aparato incluye además una tercera pluralidad de guías acopladas entre el miembro de extremo y el soporte de herramienta. Al menos una de la tercera pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro de extremo y al menos una de la tercera pluralidad de guías acopladas está acoplada al soporte de herramienta. Cada guía acoplada de la tercera pluralidad de guías acopladas también tiene una abertura central respectiva. El aparato incluye además primeras aberturas de guía en el miembro base y las correspondientes primeras aberturas de guía en cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas. Una primera pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en una relación de separación paralela se extiende a través de las aberturas respectivas de las primeras aberturas de guía en el miembro base y a través de las aberturas respectivas de las primeras aberturas de guía correspondientes en la primera pluralidad de guías acopladas. Cada una de la primera pluralidad de enlaces de control flexibles tiene respectivas primeras porciones de extremo conectadas al miembro intermedio y respectivas segundas porciones de extremo que se extienden lejos del miembro base.

El aparato incluye además segundas aberturas de guía en el miembro intermedio y las segundas aberturas de guía correspondientes en cada guía acoplada de las primera y segunda pluralidad de guías acopladas. El aparato incluye además una segunda pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en una relación de separación paralela, cada uno con un primer extremo conectado al miembro de extremo, un segundo extremo conectado a al menos uno del miembro base y un objeto separado del miembro base. Cada uno de los segundos enlaces de control flexibles incluye una porción intermedia entre los primer y segundo extremo. Cada porción intermedia se extiende a través de una segunda abertura de guía respectiva en el miembro intermedio y a través de las segundas aberturas de guía respectivas en cada guía de las primera y segunda pluralidad de guías acopladas.

El aparato incluye además una tercera abertura de guía en el miembro base y en cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas y en el miembro intermedio y en cada guía acoplada de la segunda pluralidad de guías acopladas y en el miembro de extremo y en cada guía acoplada de la tercera pluralidad de guías acopladas.

El aparato incluye además una tercera pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en una relación de separación paralela y que se extiende a través de las terceras aberturas de guía respectivas en el miembro base, en cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas a través de las terceras aberturas de guía respectivas, en el miembro intermedio a través de las terceras aberturas de guía respectivas, en cada guía acoplada de la segunda pluralidad de guías acopladas a través de las terceras aberturas de guía respectivas, en el miembro de extremo y a través de las terceras aberturas de guía respectivas en cada guía acoplada de la tercera pluralidad de guías acopladas. Cada enlace de control flexible de la tercera pluralidad de enlaces de control flexible tiene un primer extremo conectado al soporte de herramienta y un segundo extremo que se extiende lejos del miembro base.

Empujar o tirar de los enlaces de control de la primera pluralidad de enlaces de control hace que el miembro base, la primera pluralidad de guías acopladas, el miembro intermedio, la segunda pluralidad de guías acopladas y el miembro de extremo definan selectivamente una curva continua. La segunda pluralidad de enlaces de control hace que el miembro de extremo mantenga una orientación generalmente igual que el miembro base, cuando cualquiera de los primer o tercer enlaces de control flexibles es empujado o tirado. Al empujar o tirar de los enlaces de control de la tercera pluralidad de enlaces de control, el soporte de herramienta se mueve selectivamente a cualquiera de una pluralidad de orientaciones, de modo que la tercera pluralidad de guías acopladas entre el miembro de extremo y el soporte de herramienta define una curva continua desde el miembro de extremo del soporte de herramienta.

La primera, segunda y tercera pluralidades de enlaces de control flexibles pueden incluir cables capaces de experimentar aproximadamente 200N de tensión y compresión sin ceder y hasta aproximadamente 2 % a 4 % de esfuerzo.

Los cables pueden estar compuestos de una aleación metálica de níquel y titanio que tiene memoria de forma y superelasticidad.

La segunda pluralidad de enlaces de control puede incluir cables que tienen una rigidez común.

El miembro base, el miembro intermedio, el miembro de extremo, el primer soporte de herramienta y las guías acopladas de la primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas pueden tener una porción de superficie exterior cilíndrica generalmente circular, y cada una de la porción de superficie exterior cilíndrica generalmente circular puede tener un diámetro común.

El miembro base, el miembro intermedio, el miembro de extremo, el primer soporte de herramienta y las guías acopladas de la primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas pueden tener segmentos generalmente anulares. Al menos un segmento anular del miembro base y al menos un segmento anular de cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas pueden tener las primeras aberturas de guía. Al menos un segmento anular

de cada guía acoplada de las primera y segunda pluralidad de guías acopladas y al menos un segmento anular del miembro intermedio puede tener las segundas aberturas de guía, y al menos un segmento anular de cada uno de los miembros base, el intermedio miembro, el miembro de extremo y cada guía acoplada de la primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas pueden tener las terceras aberturas de guía.

5 Cada uno de los segmentos anulares de las guías acopladas de la primera pluralidad de guías acopladas puede tener lados opuestos dispuestos en ángulos agudos a un eje de la abertura central en la guía acoplada.

10 Cada uno de los segmentos anulares de la segunda pluralidad de guías acopladas puede tener lados opuestos dispuestos en ángulos agudos a un eje de la abertura central en la guía acoplada.

Cada uno de los segmentos anulares de la tercera pluralidad de guías acopladas puede tener lados opuestos dispuestos en ángulos agudos a un eje de la abertura central en la guía acoplada.

15 Los lados opuestos de los segmentos anulares de las guías acopladas de las primera y segunda pluralidad de guías acopladas pueden estar dispuestas en un primer ángulo agudo al eje y los lados opuestos de los segmentos anulares de las guías acopladas de la tercera pluralidad de las guías acopladas pueden estar dispuestas en un segundo ángulo agudo con respecto al eje, el segundo ángulo agudo puede ser diferente del primer ángulo agudo.

20 El segundo ángulo agudo puede ser mayor que el primer ángulo agudo.

Los pares adyacentes de guías acopladas de la primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas pueden estar acopladas por al menos una proyección en una guía del par y un receptáculo para recibir la proyección en la otra guía del par.

25 Cada una de las guías acopladas de la primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas puede tener una proyección que se extiende axialmente que tiene una porción esférica truncada y una cavidad alineada axialmente para recibir una proyección que se extiende axialmente de una guía acoplada adyacente para permitir que las guías acopladas adyacentes se giren esféricamente entre sí. La abertura central de la guía acoplada puede tener un primer terminal en la proyección y un segundo terminal en la cavidad para que las aberturas centrales de las guías acopladas adyacentes estén en comunicación entre sí para definir un canal central operable para recibir una porción de una herramienta sostenida por el soporte de herramienta.

35 El aparato puede incluir además un primer conducto de soporte que tiene un primer y segundo extremos abiertos, y la base puede estar conectada al primer extremo abierto del conducto de soporte para soportar la base y las porciones del segundo extremo del primer y tercer enlaces de control pueden extenderse a través del primer conducto de soporte se extiende hacia afuera del segundo extremo abierto del primer conducto de soporte.

40 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un conjunto de herramienta que comprende el aparato descrito anteriormente y que incluye además una primera herramienta. La primera herramienta puede incluir un primer efector final, un primer acoplador para acoplar el primer efector final al primer soporte de herramienta, la herramienta puede incluir además una primera porción de eje flexible que tiene una longitud aproximadamente igual a la longitud definida entre el miembro base y el soporte de herramienta y una primera porción de eje rígido que tiene una longitud aproximadamente igual a una longitud del primer conducto de soporte. La herramienta puede incluir además un primer enlace de control de herramienta que tiene un primer extremo conectado al primer efector final y un segundo extremo que se extiende desde la primera porción de eje rígido. La primera porción de eje rígido puede recibirse en la abertura central del primer soporte de herramienta y puede extenderse a través de las aberturas centrales en la tercera pluralidad de guías acopladas a través de la abertura central en el miembro de extremo, a través de las aberturas centrales en la segunda pluralidad de guías acopladas, a través de la abertura central en el miembro intermedio, las aberturas centrales en la primera pluralidad de guías acopladas, y a través de las aberturas centrales en el miembro base y el primer conducto de soporte de modo que la primera porción de eje flexible sea coaxial con el aparato de posicionamiento de herramienta y tal que la primera porción de eje rígido es generalmente coaxial con el primer conducto de soporte y de tal manera que el segundo extremo del primer enlace de control de herramienta se extiende desde la segunda porción de extremo del primer conducto de soporte.

55 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un conjunto de controlador de herramienta que incluye el conjunto de herramienta descrito anteriormente y que además incluye un primer soporte de control. El primer conducto de soporte del aparato de posicionamiento de herramienta puede estar conectado al primer soporte de control de manera que el primer soporte de control pueda estar en un primer lado de un primer eje longitudinal del primer conducto de soporte. El primer soporte de control puede tener una primera pluralidad de actuadores conectados a los respectivos enlaces de control flexibles de la primera y tercera pluralidades de enlaces de control flexibles del primer aparato de posicionamiento de herramienta, para empujar y tirar selectivamente de las partes del segundo extremo de los respectivos enlaces de control flexibles para hacer que el miembro base, la primera pluralidad de guías acopladas, el miembro intermedio, la segunda pluralidad de guías acopladas y el miembro de extremo definan selectivamente una curva continua y hagan que el soporte de herramienta se mueva selectivamente a cualquiera de una pluralidad de orientaciones, de modo que la tercera pluralidad de guías acopladas entre el miembro de extremo y

el primer aparato soporte de herramienta puede definir una curva continua desde el miembro de extremo hasta el primer soporte de herramienta. El primer soporte de control puede incluir un primer actuador de herramienta conectado al primer enlace de control de herramienta de la primera herramienta, para empujar y tirar selectivamente de la segunda porción de extremo del primer enlace de control de herramienta para efectuar la operación del efector final.

5 Cada actuador de la primera pluralidad de actuadores y el actuador de la primera herramienta puede incluir una porción de carrete giratorio respectiva a la que se conecta un enlace de control respectivo para permitir que una porción del enlace de control respectivo se tome o pague de la porción de carrete en respuesta a la rotación correspondiente de la porción de carrete, y un accionamiento respectivo para girar selectivamente la porción de carrete en primera y
10 segunda direcciones opuestas. El enlace de control respectivo se puede tirar cuando la porción de carrete se gira en la primera dirección para tomar la porción del enlace de control respectivo y el enlace de control respectivo se puede empujar cuando la porción de carrete se gira en la segunda dirección para pagar la porción del enlace de control respectivo.

15 Cada conductor puede incluir un segmento de engranaje.

El primer soporte de control puede tener una primera superficie de montaje y cada segmento de engranaje puede tener una porción que se proyecta más allá de la primera superficie de montaje para enganchar un engranaje de accionamiento correspondiente en un primer montaje de controlador de herramienta.

20 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un montaje de controlador de herramienta que incluye un primer conjunto de controlador de herramienta como se describe anteriormente, interfaz de montaje para sostener un primer controlador de herramienta y puede incluir además una primera pluralidad de engranajes de accionamiento para engranar segmentos de engranaje respectivos en el primer conjunto de controlador de herramienta.

25 Los engranajes de accionamiento de la primera pluralidad de engranajes de accionamiento pueden incluir respectivas cremalleras lineales configuradas operativamente para deslizarse linealmente en una relación de separación paralela.

30 El aparato puede incluir una primera pluralidad de actuadores lineales conectados a las cremalleras lineales respectivas para deslizar las cremalleras lineales linealmente para impartir movimiento a los engranajes correspondientes de la segunda pluralidad de engranajes de accionamiento.

35 El aparato puede incluir una segunda interfaz de montaje de controlador de herramienta que comprende una segunda pluralidad de engranajes de accionamiento para enganchar segmentos de engranaje respectivos en un segundo controlador de herramienta similar al primer controlador de herramienta descrito anteriormente.

Los engranajes de accionamiento de la segunda pluralidad de engranajes de accionamiento pueden incluir cremalleras lineales respectivas configuradas operativamente para deslizarse linealmente en una relación de separación paralela.

40 El aparato puede incluir una segunda pluralidad de actuadores conectados a las cremalleras lineales respectivas para deslizar las cremalleras lineales linealmente para impartir movimiento a los engranajes de accionamiento correspondientes de la segunda pluralidad de engranajes de accionamiento.

45 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un aparato de supervisión de herramienta que incluye un tubo de posicionamiento colocado para recibir al menos un conducto de soporte de un conjunto de controlador de herramientas como se describe anteriormente. El tubo de posicionamiento puede tener una longitud aproximadamente igual o menor que una longitud del conducto de soporte, de modo que un soporte de herramienta soportado por el conducto de soporte se extiende desde un extremo distal del tubo de posicionamiento. El aparato de supervisión de herramienta incluye además un soporte de cámara en una posición fuera de un eje del tubo de posicionamiento de modo que la cámara pueda dirigirse hacia un efector final de una herramienta sostenida por el soporte de herramienta para facilitar la monitorización visual del movimiento del efector final.

50 El soporte de la cámara puede incluir el soporte de la herramienta. El conducto de soporte del soporte de cámara puede extenderse dentro del tubo de posicionamiento y un posicionador de herramienta del soporte de la cámara puede extenderse desde el extremo distal del tubo de posicionamiento y puede configurarse operativamente para sostener y colocar la cámara en una posición fuera del segundo eje. El segundo eje puede ser generalmente perpendicular al eje longitudinal del conducto de soporte.

Breve descripción de los dibujos

60 En los dibujos que ilustran realizaciones de la invención,

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato articulado de posicionamiento de herramienta de acuerdo con una primera realización de la invención;

65

ES 2 810 802 T3

- La Figura 2 es una vista en perspectiva de un extremo distal de un miembro base del aparato mostrado en la Figura 1;
- 5 La Figura 3 es una vista del extremo distal del miembro base que se muestra en la Figura 2;
- La Figura 4 es una vista en perspectiva de un lado proximal de una guía acoplada del aparato mostrado en la Figura 1;
- 10 La Figura 5 es una vista superior de la guía acoplada que se muestra en la Figura 1;
- La Figura 6 es una vista despiezada de dos guías acopladas del aparato mostrado en la Figura 1, que incluye la guía acoplada mostrada en las Figuras 4 y 5;
- 15 La Figura 7 es una vista lateral de las guías acopladas de la Figura 6 mostradas enganchadas;
- La Figura 8 es una vista en perspectiva del aparato mostrado en la Figura 1 que ilustra una configuración doblada del posicionador de herramienta mostrado en la Figura 1;
- 20 La Figura 9 es una vista en perspectiva de un lado proximal de un miembro intermedio del aparato mostrado en la Figura 1;
- La Figura 10 es una vista en perspectiva de un lado distal del miembro intermedio que se muestra en la Figura 9;
- 25 La Figura 11 es una vista en perspectiva de un lado proximal de un miembro de extremo del aparato mostrado en la Figura 1;
- La Figura 12 es una vista en perspectiva de un lado distal del miembro lateral que se muestra en la Figura 11;
- 30 La Figura 13 es una vista en perspectiva de un lado proximal de un soporte de herramienta del aparato mostrado en la Figura 1;
- La Figura 14 es una vista en perspectiva de un lado distal del soporte de herramienta que se muestra en la Figura 13;
- 35 La Figura 15 es una vista lateral de un aparato de herramienta para usar con el posicionador de herramienta que se muestra en la Figura 1;
- La Figura 16 es una vista en perspectiva de un conjunto de herramienta compuesto por el aparato mostrado en la Figura 1 con el aparato de herramienta mostrado en la Figura 15 conectado al mismo;
- 40 La Figura 17 es una vista en perspectiva de un controlador de herramienta que se muestra conectado al conjunto de herramienta que se muestra en la Figura 16;
- 45 La Figura 18 es una vista en perspectiva de un aparato quirúrgico laparoscópico que emplea el dispositivo que se muestra en la Figura 17;
- La Figura 19 es una vista lateral de un cabezal del aparato que se muestra en la Figura 18 y un acoplador operable para ser acoplado al cabezal;
- 50 La Figura 20 es una vista lateral del cabezal y el acoplador de la Figura 19 con el acoplador conectado a la cabeza;
- La Figura 21 es una vista lateral del acoplador conectado al cabezal de las Figuras 19 y 20 con una cubierta estéril conectada al acoplador cubierto sobre el cabezal y los componentes cercanos;
- 55 La Figura 22 es una vista lateral del cabezal y el acoplador de las Figuras 19 - 21 y un conjunto de cámara/tubo de suministro que puede acoplarse al acoplador;
- La Figura 23 es una vista detallada del conjunto de cámara/tubo de suministro que se muestra en la Figura 22;
- 60 La Figura 24 es una vista lateral del conjunto de cámara/tubo de suministro que se muestra en la Figura 23 acoplado al acoplador que se muestra en las Figuras 19 - 22;
- La Figura 25 es una vista lateral del conjunto de cámara/tubo de suministro acoplado al acoplador y un dispositivo de posicionamiento de herramienta del tipo mostrado en la Figura 17 que está acoplado al mismo;
- 65

- La Figura 26 es una vista en perspectiva desde abajo del controlador de herramienta de la Figura 17 conectado al acoplador de las Figuras 19 - 22 con un tubo asociado con el dispositivo de posicionamiento de herramienta insertado en el tubo de suministro que se muestra en la Figura 23;
- 5 La Figura 27 es una vista lateral del tubo de suministro de la Figura 23 con un primer tubo que soporta el posicionador de herramienta de la Figura 1 que se extiende a su través;
- La Figura 28 es una vista lateral del aparato de la Figura 27 que incluye además un segundo tubo de soporte de herramienta que soporta un segundo posicionador de herramienta que se extiende a través del tubo de suministro de la Figura 23;
- 10 La Figura 29 es una vista lateral de un aparato quirúrgico laparoscópico que emplea los aparatos descritos en las Figuras 1 - 28; y
- 15 La Figura 30 es una vista en perspectiva de la estación de trabajo de un cirujano para controlar el aparato que se muestra en la Figura 29.
- La Figura 31 es una vista en perspectiva desde abajo de dos controladores de herramienta del tipo mostrado en la Figura 17 en un acoplador de acuerdo con una realización alternativa de la invención;
- 20 La Figura 32 es una vista lateral fragmentada de los primer y segundo aparatos de posicionamiento de herramientas articulados que se extienden a diferentes distancias desde un extremo de un tubo de suministro del acoplador que se muestra en la Figura 31, cuando los primer y segundo controladores de herramienta están dispuestos a diferentes distancias lineales del tubo de suministro.

25 Descripción detallada

Con referencia a la figura 1, un aparato de posicionamiento de herramienta articulado según una primera realización de la invención se muestra generalmente en 20. En esta realización, el aparato 20 incluye un miembro base 22, un miembro intermedio 24, un miembro de extremo 26 y un primer soporte de herramienta 28 dispuestos en sucesión como se muestra en la Figura 1. Se puede considerar que el miembro base 22 está en una posición proximal mientras que se puede considerar que el soporte de herramienta está en una posición distal. Así, el miembro base 22, el miembro intermedio 24, el miembro de extremo 26 y el primer soporte de herramienta 28 están dispuestos en sucesión desde una posición proximal a una posición distal.

30 El aparato 20 incluye además una primera pluralidad 30 de guías acopladas, dispuestas entre el miembro base 22 y el miembro intermedio 24. Al menos una guía (32) de la primera pluralidad 30 de guías acopladas está acoplada al miembro de base 22 y otra guía (34) de la primera pluralidad 30 de guías acopladas está acoplada al miembro intermedio 24. Cada una de las guías acopladas de la primera pluralidad 30 está acoplada a una guía adyacente o al miembro base 22 o miembro intermedio 24.

35 El aparato de posicionamiento de herramienta 20 incluye además una segunda pluralidad 36 de guías acopladas entre el miembro intermedio 24 y el miembro de extremo 26. Al menos una guía (38) de la segunda pluralidad 36 de guías acopladas está acoplada al miembro intermedio 24 y otra guía (40) de la segunda pluralidad 36 de guías acopladas está acoplada al miembro de extremo 26. Cada una de las guías acopladas de la segunda pluralidad 36 de guías acopladas está así conectada a una guía adyacente de la segunda pluralidad o al miembro intermedio 24 o al miembro de extremo 26.

40 El aparato 20 incluye además una tercera pluralidad 42 de guías acopladas entre el miembro de extremo 26 y el soporte de herramienta 28. Al menos una guía (44) de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas está acoplada al miembro de extremo 26 y otra guía (46) de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas está acoplada al soporte de herramienta 28. Cada una de las guías acopladas de la tercera pluralidad 42 está así conectada a una guía acoplada adyacente de la tercera pluralidad o al miembro de extremo 26 o al soporte de herramienta 28.

45 El aparato 20 incluye además una tercera pluralidad 42 de guías acopladas entre el miembro de extremo 26 y el soporte de herramienta 28. Al menos una guía (44) de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas está acoplada al miembro de extremo 26 y otra guía (46) de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas está acoplada al soporte de herramienta 28. Cada una de las guías acopladas de la tercera pluralidad 42 está así conectada a una guía acoplada adyacente de la tercera pluralidad o al miembro de extremo 26 o al soporte de herramienta 28.

50 Con referencia a la Figura 2, el miembro de base 22 tiene una primera porción de superficie exterior cilíndrica generalmente circular 50 que tiene un primer diámetro y una segunda porción de superficie cilíndrica coaxial, generalmente circular 52 que tiene un segundo diámetro más pequeño que el primer diámetro. La porción de superficie 52 que tiene el diámetro más pequeño facilita la conexión a un conducto de soporte adyacente como se describirá a continuación.

55 Con referencia de nuevo a la Figura 1, el miembro intermedio 24 también tiene una porción 54 de superficie exterior cilíndrica generalmente circular, el miembro de extremo 26 tiene una porción 56 de superficie exterior similar y el soporte de herramienta 28 tiene una porción 58 de superficie exterior similar que tienen un diámetro igual que el diámetro de la primera porción de superficie exterior 50 del miembro de base 22. Además, cada guía acoplada de la primera, segunda y tercera pluralidades 30, 36 y 42 de guías acopladas tiene una porción de superficie cilíndrica circular exterior, de las cuales se muestran ejemplos en 60, 62 y 64 respectivamente. Por lo tanto, el aparato de

60

65

posicionamiento de herramienta 20 tiene una pluralidad de componentes generalmente alineados coaxialmente, todos con superficies exteriores del mismo diámetro común.

5 Con referencia a las Figuras 2 y 3, el miembro de base 22 tiene un cuerpo generalmente cilíndrico que tiene un lado de extremo orientado distalmente 66 que tiene una proyección 68 que se extiende axialmente con una porción esférica truncada 70 a través de la cual se forma una abertura central 72. La abertura central 72 se extiende axialmente a través de todo el miembro base 22. El lado de extremo orientado distalmente 66 también tiene receptáculos 74 y 76 dispuestos diametralmente opuestos entre sí y que se extienden dentro de la porción de superficie exterior 50 para recibir las proyecciones correspondientes en la guía acoplada 32 que se muestra en la Figura 1.

10 Con referencia a las Figuras 1 y 2 como se explicará a continuación, la porción esférica truncada 70 y los receptáculos 74 y 76 sirven para acoplar el miembro de base 22 a la guía acoplada 32 de la primera pluralidad 30 de guías acopladas.

15 Con referencia de nuevo a las Figuras 2 y 3, el lado de extremo orientado distalmente 66 tiene además una primera pluralidad de aberturas de guía 80, 82, 84, 86 a través de las cuales una primera pluralidad de enlaces de control flexibles 88, 90, 92, 94 conectados al intermedio el miembro 24 se extiende a través del miembro base 22.

20 En la realización mostrada, el lado de extremo orientado distalmente 66 también tiene una pluralidad de receptáculos 96, 98, 100 y 102 en los que los extremos de los respectivos de una segunda pluralidad de enlaces de control flexibles 104, 106, 108, 110 se extienden entre la base el miembro 22 y el miembro de extremo 26 están conectados. En una realización alternativa, la pluralidad de receptáculos 96, 98, 100 y 102 puede ser una pluralidad de aberturas que se extienden a través del miembro base 22, permitiendo que la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles 104, 106, 108, 110 se extienda a través de y lejos del miembro base 22. En esta realización alternativa, los extremos de los respectivos de la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles 104, 106, 108, 110 están conectados a un objeto fijo (no mostrado), separado del miembro de base 22. El objeto fijo puede ser un controlador de herramienta del tipo descrito en 602 en la Figura 17, modificado adecuadamente de modo que los extremos de los respectivos de la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles 104, 106, 108, 110 estén conectados a la placa base 612 del mismo, por ejemplo.

30 El lado de extremo orientado distalmente 66 también tiene una tercera pluralidad de aberturas de guía 112, 114, 116, 118 a través de las cuales se extienden los enlaces respectivos de una tercera pluralidad de enlaces de control flexibles 120, 122, 124, 126 conectados al soporte de herramienta 28 a través del miembro base 22.

35 Cada enlace de la primera, segunda y tercera pluralidades de enlaces de control flexibles puede ser un solo cable de nitinol capaz de aproximadamente 200 N de tensión o compresión sin deformación permanente y capaz de experimentar hasta aproximadamente 4 % de esfuerzo. El nitinol es una aleación de níquel y titanio que tiene memoria de forma y superelasticidad y su capacidad para soportar tanto la tensión como la compresión permite que los enlaces se empujen o tiren selectivamente con fuerzas similares sin deformación permanente, lo que proporciona un control preciso de los enlaces de control flexibles, accionamiento redundancia y mayor rigidez estructural. En consecuencia, solo se requieren dos enlaces de control flexibles en cada uno de la primera, segunda y tercera pluralidad de enlaces de control flexibles para lograr un rango completo de movimiento del soporte de herramienta con respecto al miembro de base 22.

45 Con referencia de nuevo a la Figura 1, la primera pluralidad 30 de guías acopladas están configuradas para hacer que el aparato 20 de posicionamiento de herramienta tenga una sección flexible mientras que al mismo tiempo mantiene los primer, segundo y tercer enlaces de control flexibles 88, 90, 92, 94, 104, 106, 108, 110, 120, 122, 124, 126 en una relación de separación predefinida entre sí. Generalmente, los enlaces de control flexibles individuales en cada pluralidad de enlaces de control flexibles están separados angularmente en un círculo de tal manera que los enlaces de control flexibles de una pluralidad dada están separados entre sí tanto como sea posible. Esto reduce y equilibra las cargas de actuación, aumenta la rigidez de la sección flexible y reduce los efectos de reacción cuando la dirección de la fuerza en los enlaces de control flexibles cambia en respuesta al empujar y tirar de los enlaces de control flexibles.

50 En la realización mostrada, la primera pluralidad 30 de guías acopladas incluye catorce guías acopladas. La guía acoplada 32 es una guía acoplada ejemplar de la primera pluralidad 30 y se muestra con mayor detalle en la Figura 4.

55 Con referencia a la Figura 4, la guía acoplada 32 tiene un cuerpo que tiene lados orientados proximal y distalmente 130 y 132 y los primer y segundo segmentos anulares 134 y 136.

60 El lado orientado proximalmente 130 tiene las primera y segunda proyecciones 138 y 140 dispuestas diametralmente opuestas entre sí, estando definidos los segmentos anulares 134 y 136 entre las proyecciones 138 y 140. Las proyecciones 138 y 140 tienen forma operativa para ser recibidas en receptáculos 74 y 76 en el miembro de base 22. Los segmentos anulares 134 y 136 tienen receptáculos 142 y 144 dispuestos diametralmente opuestos entre sí y dispuestos en posiciones desplazadas angularmente en 90 grados desde las primera y segunda proyecciones 138 y 140.

5 El lado orientado proximalmente 130 también tiene una cavidad 146 que tiene una forma complementaria a la forma esférica truncada de la proyección 68 en el miembro base 22 para recibir esa proyección en la misma. La proyección 68 en el miembro de base 22 y la cavidad 146 en la guía acoplada 32 permiten que la guía acoplada gire alrededor de la proyección 68 y dicha rotación está restringida en una dirección vertical o de inclinación (por ejemplo, arriba y abajo en el plano del dibujo, Figura 7) por las proyecciones 138 y 140 recibidas en los receptáculos 74 y 76 en el lado de extremo orientado distalmente 66 del miembro de base 22.

10 La cavidad 146 termina en una pared cilíndrica 148 dispuesta en una proyección esférica truncada 150 vista en la Figura 5 que se extiende desde el lado orientado distalmente 132. La pared cilíndrica 148 define la abertura central 152 en el cuerpo de la guía acoplada 32.

15 Con referencia de nuevo a la Figura 4, los segmentos anulares 134 y 136 tienen una primera pluralidad de aberturas de guía 160, 162, 164 y 166 que generalmente están alineadas con las primeras aberturas de guía 80, 82, 84 y 86 en el miembro de base 22 para guiar la primera pluralidad de enlaces de control flexibles (88, 90, 92 y 94) a través de la guía acoplada 32.

20 Los segmentos anulares 134 y 136 también tienen una segunda pluralidad de aberturas de guía 168, 170, 172 y 174 que generalmente están alineadas con los segundos receptáculos 96, 98, 100 y 102 (mostrados en las Figuras 2 y 3) en el miembro de base 22 para guiar la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles (104, 106, 108 y 110 que se muestran en las Figuras 2 y 3) a través de la guía acoplada 32.

25 Los segmentos anulares 134 y 136 también tienen una tercera pluralidad de aberturas de guía 176, 178, 180 y 182 que generalmente están alineadas con la tercera pluralidad de aberturas de guía 112, 114, 116, 118 en el miembro de base 22 para guiar la tercera pluralidad de enlaces de control flexibles (120, 122, 124, 126) a través de la guía acoplada 32.

30 Con referencia a la Figura 5, la guía acoplada 32 se muestra desde arriba mirando en la dirección de la flecha 189 en la Figura 1. Los segmentos anulares 134 y 136 tienen porciones 190 y 192 respectivamente que tienen superficies en ángulo 194 y 196 que forman un ángulo obtuso en un plano horizontal que se cruza con el eje 200 de la guía acoplada 32. Estas superficies 194 y 196 se extienden simétricamente en un ángulo de aproximadamente 6 grados a un primer plano 198 perpendicular al eje 200 de la guía acoplada 32.

35 Con referencia de nuevo a la Figura 4, la guía acoplada 32 también tiene superficies orientadas proximalmente 202 y 204 definidas entre los receptáculos 142 y 144 que forman un ángulo obtuso en un plano vertical que interseca el eje 200 de la guía acoplada 32. Esto puede verse como una ligera inclinación en la superficie orientada proximalmente 202 en la Figura 5, que forma un ángulo de aproximadamente 6 grados con un segundo plano 199 perpendicular al eje 200 de la guía acoplada 32 y proporciona una rotación de hasta 6 grados en la dirección de inclinación, en relación con el miembro base 22.

40 Con referencia a la Figura 6, el lado orientado distalmente 132 de la guía acoplada 32 se muestra junto con una guía acoplada 60 inmediatamente adyacente distalmente. La guía acoplada inmediatamente adyacente distalmente 60 es similar a la guía acoplada 32 en que incluye segmentos anulares que tienen la misma primera pluralidad de aberturas de guía 160, 162, 164 y 166, la misma segunda pluralidad de aberturas de guía 168, 170, 172 y 174 y misma tercera pluralidad de aberturas de guía 176, 178, 180 y 182. También tiene una proyección esférica truncada 207 que tiene un orificio 209. También tiene una cavidad (no mostrado) como la cavidad 146 en la guía acoplada 32, en su lado proximal.

45 La guía acoplada inmediatamente adyacente 60 es diferente de la guía acoplada 32 en que tiene receptáculos 210 y 212 donde se encuentran las proyecciones 138 y 140 de la guía acoplada 32 y tiene proyecciones, solo una de las cuales se muestra en 214, donde los receptáculos 142 y 144 de la guía acoplada 32 están ubicados.

50 Además, con referencia a la Figura 7, la guía acoplada inmediatamente adyacente 60 tiene segmentos anulares 216 y 218 que se extienden entre los receptáculos 210 y 212 que tienen porciones 220 y 222 que tienen superficies orientadas distalmente 224 y 226 que forman un ángulo obtuso en un plano vertical que interseca el eje de la guía acoplada inmediatamente adyacente distalmente 60 y las superficies orientadas proximalmente, solo una de las cuales se ve en 227 en la Figura 7, que se extiende entre los receptáculos 210 y 212 que forman un ángulo obtuso en un plano horizontal que interseca el eje 230. Las superficies orientadas distalmente 224 y 226 están dispuestas en un ángulo de aproximadamente 6 grados con respecto a un primer plano vertical 228 que se cruza con el eje 230 y es perpendicular al mismo, y las superficies orientadas proximalmente, de las cuales solo una se muestra en 227, están dispuestas a aproximadamente ángulo de 6 grados a un segundo plano vertical 229 que interseca el eje 230.

55 Aun con haciendo referencia a la Figura 7, se puede ver que la guía acoplada 32 y la guía acoplada inmediatamente de manera distal adyacente 60 están acopladas juntas para formar un par de guías acopladas al recibir la proyección 150 de la guía acoplada 32 en la cavidad (no mostrada) de la guía acoplada inmediatamente adyacente distalmente 60 y que recibe las proyecciones orientadas proximalmente de la guía acoplada inmediatamente adyacente de manera

- 5 distal 60, solo una de las cuales se muestra en 214, en receptáculos correspondientes, solo una de las cuales se muestra en 144 de la guía acoplada 32. La proyección 150 y la disposición de la cavidad permiten girar en cualquier dirección y las proyecciones orientadas proximalmente 214 recibidas en los receptáculos correspondientes 144 evitan el movimiento de torsión alrededor del eje 230, de la guía acoplada inmediatamente adyacente distalmente 60 en relación con la guía acoplada 32 y limitan el movimiento rotacional relativo a lo que se muestra como una dirección horizontal o longitudinal, es decir, hacia dentro y fuera del plano de la página. La superficie en ángulo 227 de la guía acoplada inmediatamente adyacente distalmente 60 se orienta hacia a la superficie en ángulo 196 de la guía acoplada 32 y esto proporciona espacio libre para el movimiento relativo que gira alrededor de la proyección esférica truncada 150 de hasta un total de 12 grados en la dirección longitudinal.
- 10 De manera similar, las superficies orientadas distalmente en ángulo 224 y 226 en la guía acoplada inmediatamente adyacente distalmente 60 se orienta hacia las superficies que se orientan proximalmente como las superficies 202 y 204 en la siguiente guía acoplada adyacente distalmente 205 y esto proporcionará un movimiento giratorio relativo entre la guía acoplada inmediatamente adyacente 60 y la siguiente guía acoplada distalmente adyacente 205 de hasta 12 grados en la dirección de inclinación. Por lo tanto, cada par de guías acopladas proporciona un movimiento definido limitado en las direcciones de inclinación y longitudinal. De manera más general, cada guía acoplada de números impares se puede operar para rotar en un plano vertical (dirección de inclinación) y cada guía acoplada de números pares se puede operar para rotar en un plano horizontal (dirección de longitudinal).
- 15 En referencia a la Figura 1, en la realización mostrada, la primera pluralidad 30 de guías acopladas incluye siete pares de guías acopladas que permiten que la primera pluralidad de guías acopladas tenga componentes de curvatura de inclinación y longitudinal suficientes para definir un arco continuo que se extiende hasta 90 grados. Por lo tanto, el miembro intermedio 24 puede colocarse en una orientación en cualquier dirección con respecto al eje del miembro base 22 hasta un ángulo de aproximadamente 90 grados con respecto al eje del miembro base como se muestra en la Figura 8.
- 20 Con referencia a la Figura 9, el miembro intermedio 24 tiene un cuerpo que tiene lados orientados proximal y distalmente 250 y 252. El lado orientado proximalmente 250 tiene primer y segundo segmentos anulares 254 y 256 dispuestos entre las primera y segunda proyecciones 258 y 260 que se proyectan proximalmente hacia la primera pluralidad 30 de guías acopladas. Estas proyecciones 258 y 260 se reciben en receptáculos como los mostrados en 210 y 212 en la Figura 6 en la guía acoplada inmediatamente adyacente 34 de la primera pluralidad 30 de guías acopladas como se ve en la Figura 1. Con referencia de nuevo a la Figura 9, el lado orientado proximalmente 250 tiene una cavidad 262 que termina en una pared anular 264 que define una abertura central 266 a través del cuerpo. Una proyección como la que se muestra en 207 en la Figura 6 de la guía acoplada inmediatamente adyacente 32 de la primera pluralidad 30 de guías acopladas es operable para recibirse en la cavidad 262 y las proyecciones 258 y 260 se reciben en receptáculos similares a los mostrados en 210 y 212 en la Figura 6 de la guía acoplada inmediatamente adyacente 34. Esto permite que la guía acoplada inmediatamente adyacente 34 gire alrededor de la proyección 207 en una dirección de inclinación.
- 30 El miembro intermedio 24 incluye además primer, segundo, tercer y cuarto receptáculos 270, 272, 274 y 276 dispuestos en ubicaciones alineadas con el primer conjunto de aberturas de guía 160, 162, 164 y 166 respectivamente en la guía acoplada inmediatamente adyacente 34 para recibir y sujetan los extremos de la primera pluralidad de enlaces de control flexibles 88, 90, 92 y 94 respectivamente, que se extienden a través del primer conjunto de aberturas de guía 160, 162, 164 y 166 de la guía acoplada inmediatamente adyacente 34.
- 35 El lado orientado proximalmente 250 incluye además una segunda pluralidad de aberturas 280, 282, 284 y 288 que se extienden completamente a través del miembro intermedio 24 para guiar la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles 104, 106, 108 y 110 a su través. Además, el lado orientado proximalmente 250 incluye una tercera pluralidad de aberturas de guía 290, 292, 294 y 296 que se extienden a través de todo el miembro intermedio 24 para guiar la tercera pluralidad de enlaces de control flexibles 120, 122, 124 y 126 a su través.
- 40 Con referencia a la Figura 10, el miembro intermedio 24 incluye además una proyección 300 que se proyecta desde lado orientado distalmente 252 y tiene primer y segundo receptáculos 302 y 304 opuestos diametralmente y dispuestos en la porción de superficie exterior 54 y que terminan en un lado de extremo 306 del lado orientado distalmente 252.
- 45 Con referencia de nuevo a la Figura 1, los receptáculos 302 y 304 reciben proyecciones correspondientes en la guía acoplada inmediatamente adyacente 38 de la segunda pluralidad 36 de guías acopladas. La segunda pluralidad 36 de guías acopladas es la misma que la primera pluralidad de guías acopladas, descrita anteriormente, en relación con las Figuras 4 a 7.
- 50 Con referencia a la Figura 11, el miembro de extremo 26 tiene un cuerpo que tiene lados orientados proximal y distalmente 350 y 352. El lado orientado proximalmente 350 tiene primer y segundo segmentos anulares 354 y 356 dispuestos entre las primera y segunda proyecciones 358 y 360 que se proyectan proximalmente hacia la segunda pluralidad 36 de guías acopladas. Estas proyecciones 358 y 360 se reciben en receptáculos como los mostrados en 210 y 212 en la Figura 6 en la guía acoplada inmediatamente adyacente 40 de la segunda pluralidad de guías acopladas 36 como se ve en la Figura 1.
- 55
- 60
- 65

Con referencia de nuevo a la Figura 11, el lado orientado proximalmente 350 tiene una cavidad 362 que termina en una pared anular 364 que define una abertura central 366 a través del cuerpo. Una proyección como la que se muestra en 207 en la Figura 6 de la guía acoplada adyacente 40 de la segunda pluralidad de guías acopladas 36 es operable para recibirse en la cavidad 362 y las proyecciones 358 y 360 se reciben en receptáculos similares a los mostrados en 210 y 212 en la Figura 6 de la guía acoplada inmediatamente adyacente 40. Esto permite que la guía acoplada inmediatamente adyacente 40 gire alrededor de la proyección (207) en una dirección de inclinación.

El miembro de extremo 26 incluye además primer, segundo, tercer y cuarto receptáculos 370, 372, 374 y 376 dispuestos en ubicaciones alineadas con el segundo conjunto de aberturas de guía 168, 170, 172 y 174 respectivamente en la guía acoplada adyacente 40 para recibir y mantener extremos de la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles 104, 106, 108 y 110 respectivamente, que se extienden a través de las segundas aberturas de guía 168, 170, 172 y 174 de la guía acoplada inmediatamente adyacente 40.

El lado orientado proximalmente 350 incluye además una tercera pluralidad de aberturas 380, 382, 384 y 386 que se extienden completamente a través del miembro de extremo 26 para guiar a la tercera pluralidad de enlaces de control flexibles 120, 122, 124 y 126 a su través.

Con referencia a la Figura 12, el miembro de extremo 26 incluye además una proyección 400 que se proyecta desde el lado orientado distalmente 352 y tiene un primer y segundo receptáculos 402 y 404 dispuestos en la porción de superficie exterior 56 y que termina en un lado de extremo anular plano 406 del lado orientado distalmente 352. Con referencia de nuevo a la Figura 1, los receptáculos 402 y 404 reciben proyecciones correspondientes en la guía acoplada inmediatamente adyacente 44 de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas.

La tercera pluralidad 42 de guías acopladas incluye guías acopladas iguales a las mostradas en las Figuras 4 a 7 con la excepción de que las superficies 194 y 196 se extienden simétricamente en un ángulo de aproximadamente 8,5 grados con respecto al primer plano 198 perpendicular al eje de la guía acoplada y las superficies orientadas proximalmente 202 y 204 forman ángulos de aproximadamente 8,5 grados con el segundo plano 199 perpendicular al eje de la guía acoplada. Dado que los ángulos de las superficies indicadas en la tercera pluralidad de guías acopladas son ligeramente mayores que los ángulos en las primera y segunda pluralidad de guías acopladas, la tercera pluralidad de guías acopladas puede incluir menos elementos, como se muestra en esta realización, donde solo hay aproximadamente 10 guías acopladas y permiten doblar la porción que se extiende desde el miembro de extremo 26 en un radio más estrecho que las guías acopladas de las primera y segunda pluralidad 30 y 36 pueden doblarse como se muestra en la Figura 8.

Con referencia a las Figuras 13 y 14, el soporte de herramienta 28 tiene un cuerpo que tiene lados orientados proximal y distalmente 450 y 452. El lado orientado proximalmente 450 tiene los primer y segundo segmentos anulares 454 y 456 dispuestos entre las primera y segunda proyecciones 458 y 460 que se proyectan proximalmente hacia la tercera pluralidad 42 de guías acopladas. Estas proyecciones 458 y 460 se reciben en receptáculos como los mostrados en 210 y 212 en la Figura 6 en la guía acoplada inmediatamente adyacente 46 de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas como se ve en la Figura 1. Con referencia de nuevo a la Figura 13, el lado orientado proximalmente 450 tiene una cavidad 462 que termina en una pared anular 464 que define un orificio central 466 a través del cuerpo. Una proyección como la que se muestra en 207 en la Figura 6 de la guía acoplada adyacente 46 de la tercera pluralidad de guías acopladas 42 es operable para recibirse en la cavidad 462 y las proyecciones 458 y 460 se reciben en receptáculos similares a los mostrados en 210 y 212 en la Figura 6 de la guía acoplada inmediatamente adyacente 46. Esto permite que la guía acoplada inmediatamente adyacente 46 gire alrededor de la proyección 207 en una dirección de inclinación.

El soporte de herramienta 28 incluye además el primer, segundo, tercer y cuarto receptáculos 470, 472, 474 y 476 dispuestos en ubicaciones alineadas con el tercer conjunto de aberturas de guía 176, 178, 180 y 182 respectivamente en la guía acoplada adyacente 46 para recibir y sostener los extremos de la tercera pluralidad de enlaces de control flexibles 120, 122, 124 y 126 respectivamente, que se extienden a través del segundo conjunto de aberturas de guía 176, 178, 180 y 182 de la guía acoplada inmediatamente adyacente 46.

Con referencia a la Figura 14, el soporte de herramienta 28 tiene un lado de extremo anular plano 500 en el lado orientado distalmente 452 y el orificio 466 es coincidente con el lado de extremo anular 500. Las aberturas alineadas 502 y 504 están alineadas en una cuerda que se extiende a través de la pared 464 y son operables para recibir un sujetador roscado, por ejemplo, para asegurar una herramienta en el soporte de herramienta 28, de modo que la herramienta pueda girar axialmente en el soporte de herramienta.

Con referencia a la Figura 15, una herramienta ejemplar para usar en el soporte de herramienta que se muestra en las Figuras 13 y 14 se muestra generalmente en 550. En la realización mostrada, la herramienta 550 incluye un efector final 552 que, en la realización mostrada, incluye una pinza que tiene mordazas opuestas fijas y giratorias 554 y 556 que se extienden desde una base 558. Otras disposiciones de herramientas podrían emplearse alternativamente. Por ejemplo, la herramienta puede ser alternativamente un dispositivo de cauterización, un dispositivo de succión, un dispositivo de retracción o un dispositivo de agarre. En la realización mostrada, un enlace flexible de control de herramienta 560 está conectado a la mordaza giratoria 556 y se extiende a través de una abertura axial en la base

558 para abrir y cerrar la mordaza giratoria 554 en la mordaza fija 556 en respuesta al movimiento lineal del enlace de control flexible 560.

La herramienta 550 incluye además un acoplador compuesto por primer y segundo cilindros separados 562 y 564 conectados rígidamente a la base 558 y que tienen superficies cilíndricas exteriores 563 y 565 ligeramente más pequeñas que un diámetro del orificio 466 en el soporte de herramienta 28 para que la herramienta 550 se puede sujetar cómodamente en el soporte de herramienta 28. Un conducto flexible 566 que tiene una longitud aproximadamente igual a una distancia entre el soporte de herramienta 28 y el miembro base 22 tiene un primer extremo 568 conectado al cilindro 564 y un segundo extremo 570 conectado a un primer extremo 572 de un conducto rígido 574 por un conector engarzado 576. El enlace de control de herramienta flexible 560 se extiende a través de los cilindros 562 y 564, a través del conducto flexible 566 y a través del conducto rígido 574 y tiene un segundo extremo 578 que se extiende hacia afuera desde un extremo proximal 580 del conducto rígido 574. En consecuencia, el movimiento lineal del segundo extremo 578 del enlace de control de herramienta flexible 560 con respecto al extremo proximal 580 del conducto rígido 574 abre y cierra la mordaza giratoria 556.

Con referencia a las Figuras 15 y 16, la herramienta 550 se muestra instalada en el soporte de herramienta 28 por lo que solo la base 558 y las mordazas 554 y 556 sobresalen distalmente del soporte de herramienta y el conducto flexible 566 se extiende a través de las aberturas centrales 152 en la tercera pluralidad de guías acopladas 42, la abertura central 266 en el miembro de extremo 26, las aberturas centrales 152 en la segunda pluralidad de guías acopladas 36, la abertura central 266 en el miembro intermedio 24 y las aberturas centrales (152) en la primera pluralidad 30 de guías acopladas. El conector engarzado 576 está ubicado en la abertura central 72 en el miembro base 22 y tiene aproximadamente la misma longitud que el miembro base y el conducto rígido 574 se extiende hacia afuera desde el miembro base en una dirección proximal. La herramienta 550 instalada en el soporte de herramienta forma así un conjunto de herramienta 600 compuesto por la herramienta 550 y el aparato de posicionamiento de herramienta 20.

Con referencia a la Figura 17, el conjunto de herramienta 600 está conectado a un controlador de herramienta 602 que comprende un segundo conducto rígido 604 que tiene un primer extremo 606 conectado rígidamente a la porción de superficie exterior 52 de diámetro reducido del miembro de base 22 y que tiene un segundo extremo 608 conectado a un mecanismo de accionamiento 610. El mecanismo de accionamiento 610 incluye una placa base 612 que tiene un acoplamiento de conducto 614 para conectar rígidamente el segundo conducto rígido 604 a la placa base 612. Además, el mecanismo de accionamiento incluye un acoplamiento giratorio 616 conectado al extremo proximal 580 del conducto rígido 574, después de lo cual la rotación del acoplamiento giratorio 616 provoca un movimiento giratorio correspondiente del conducto rígido 574 alrededor de su eje. Un enlace de control giratorio flexible 618 está conectado al acoplamiento giratorio 616 y se dirige a un carrete giratorio 620 que está conectado a un segmento de engranaje 622 de modo que cuando se gira el segmento de engranaje, el conducto rígido 574 gira en una cantidad correspondiente. Tal rotación del conducto rígido 574 gira la herramienta 550 en una cantidad correspondiente.

Los primer, segundo y tercer enlaces de control flexibles de herramienta 88, 90, 92 y 94; 120, 122, 124 y 126; y 560 se extienden a través del interior del segundo conducto rígido 604 y emanan del segundo extremo 608 del segundo conducto rígido 604. El mecanismo de accionamiento 610 tiene una guía de enlace mostrada generalmente en 624 para guiar el enlace de control de herramienta 560 a un carrete de herramienta 626 conectado a un segmento de engranaje de herramienta 628. El enlace de control de herramienta 560 se enrolla en el carrete de herramienta 626 de tal manera que la rotación del engranaje de herramienta en una primera dirección abre el efector final 552 de la herramienta 550 y la rotación del carrete de herramienta 626 en una segunda dirección opuesta cierra el efector final.

Dos de los terceros enlaces de control flexibles en un plano horizontal en el soporte de herramienta 28, como los enlaces 120 y 126 o los enlaces 122 y 124, están enrollados en direcciones opuestas en un carrete de control de herramienta horizontal 630 conectado a un engranaje de control de herramienta horizontal 632, de modo que la rotación del engranaje de control de herramienta horizontal 632 en una primera dirección tira, digamos, de un enlace lateral izquierdo 120 o 122 mientras empuja en un enlace del lado derecho correspondiente 126 o 124 y la rotación del engranaje de control de herramienta horizontal 632 en una segunda dirección opuesta a la primera dirección empuja el enlace lateral izquierdo 120 o 122 mientras tira del enlace lateral derecho correspondiente 126 o 124. Esto tiene el efecto de mover el soporte de herramienta 28 hacia la izquierda o hacia la derecha.

Dos de los terceros enlaces de control flexibles en un plano vertical en el soporte de herramienta 28, como los enlaces 120 y 122 o los enlaces 124 y 126, dependiendo de cuál de estos enlaces no estén ya conectados al carrete de control de herramienta horizontal 630, están enrollados en las direcciones opuestas en un carrete de control de herramienta vertical 634 conectado a un engranaje de control de herramienta vertical 636, de modo que la rotación del engranaje de control de herramienta vertical 636 en una primera dirección tira, digamos, de un enlace superior 120 o 126 mientras empuja un enlace inferior correspondiente 122 o 124 y la rotación del engranaje de control vertical 636 en una segunda dirección opuesta a la primera dirección empuja el enlace superior 120 o 122 mientras tira del enlace inferior correspondiente 122 o 124. Esto tiene el efecto de mover el soporte de herramienta 28 hacia arriba o hacia abajo.

Dos de los primeros enlaces de control flexibles en un plano horizontal en el miembro intermedio 24, como los enlaces 88 y 94 o los enlaces 90 y 92, están enrollados en direcciones opuestas en un carrete de control de curva en S

horizontal 638 conectado a un engranaje de curva en S horizontal 640, de modo que la rotación del engranaje de control de la curva en S horizontal 640 en una primera dirección tira, por ejemplo, de un enlace del lado izquierdo 88 o 90 mientras empuja un enlace del lado derecho correspondiente 92 o 94 y la rotación del engranaje de control de la curva en S horizontal 640 en una segunda dirección opuesta a la primera dirección empuja el enlace del lado izquierdo 88 o 90 mientras tira del enlace del lado derecho 92 o 94 correspondiente. Esto tiene el efecto de mover el miembro intermedio 24 hacia la izquierda o hacia la derecha.

Dos de los primeros enlaces de control flexibles en un plano vertical en el miembro intermedio 24, tales como los enlaces 88 y 90 o los enlaces 92 y 94, dependiendo de cuáles de estos enlaces no están ya conectados al carrete de control de la curva en S horizontal 638, están enrollados en direcciones opuestas en un carrete de control de curva en S vertical 642 conectado a un engranaje de control de curva en S vertical 644, de tal manera que la rotación del engranaje de control de curva en S vertical 644 en una primera dirección tira, digamos, de un enlace superior 88 o 94 mientras empuja un enlace inferior correspondiente 90 o 92 y la rotación del engranaje de control de la curva en S vertical 644 en una segunda dirección opuesta a la primera dirección empuja el enlace superior 88 o 94 mientras tira del enlace inferior correspondiente 90 o 92. Esto tiene el efecto de mover el miembro intermedio 24 hacia arriba o hacia abajo.

Mientras que los carretes 626, 620, 630, 634, 638 y 642, y los segmentos de engranaje correspondientes 628, 622, 632, 636, 640 y 644 están dispuestos en un orden particular como se muestra en la Figura 17, el orden no es importante. Así, por ejemplo, el carrete 626 y el segmento de engranaje correspondiente 628 pueden estar dispuestos de modo que estén posicionados entre el carrete 620 y el segmento de engranaje correspondiente 622, y el carrete 630 y el segmento de engranaje correspondiente 632.

Los segundos enlaces de control flexibles 104, 106, 108 y 110, que están conectados entre el miembro base 22 y el miembro de extremo 26, actúan como una especie de paralelogramo en dos dimensiones, tendiendo a mantener el miembro de extremo 26 en la misma orientación que el miembro base 22. La primera pluralidad de enlaces de control flexibles 88, 90, 92 y 94 mueven el miembro intermedio 24, pero el efecto de paralelogramo de la segunda pluralidad de enlaces de control tiende a mantener el miembro de extremo 26 en la misma orientación que el miembro base 22. De manera similar, la tercera pluralidad de enlaces de control 120, 122, 124 y 126 mueve el soporte de herramienta 28, pero nuevamente el miembro de extremo 26 se mantiene bajo las restricciones del paralelogramo formado por la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles y mantiene la misma orientación que el miembro base 22.

Si bien se ha demostrado que la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles 104, 106, 108 y 110 están conectados entre el miembro de base 22 y el miembro de extremo 26, solo es necesario que los extremos proximales de la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles estén fijos a algún punto de referencia. Por lo tanto, por ejemplo, no necesitan estar conectados al miembro de base 22 sino que podrían estar conectados alternativamente a alguna otra estructura fija ubicada en la dirección proximal lejos del miembro de base 22.

Por lo tanto, al girar los segmentos de engranaje 622, 628, 632, 636, 640 y 644, el efector final se puede mover con 5 grados de libertad y las mordazas se pueden abrir y cerrar. Como se describe a continuación, se puede usar un mecanismo de accionamiento de engranaje adecuado para conducir los segmentos de engranaje 622, 628, 632, 636, 640 y 644 para manipular el efector final 550 en el espacio para realizar una operación. Tal operación puede ser una operación médica, por ejemplo.

Por ejemplo, el aparato descrito en este documento puede usarse para realizar cirugía laparoscópica tal como se muestra en la Figura 18. Para hacer esto, se proporciona una plataforma móvil 700 en la que se asegura un gabinete 702 que aloja un ordenador 704 conectada por cable o inalámbricamente a una red de ordenadores tal como una red ethernet. Un mecanismo de posicionamiento bruto que se muestra generalmente en 706 está conectado al gabinete 702 y tiene un cabezal 708 a la que el controlador de herramienta 602 que se muestra en la Figura 17 está finalmente asegurado. El mecanismo de posicionamiento bruto 706 y la plataforma móvil 700 permiten que el cabezal 708 se coloque en una ubicación en el espacio de modo que el aparato de posicionamiento de herramienta 20 se pueda colocar dentro del cuerpo del paciente en una posición que permita realizar la cirugía laparoscópica deseada.

Con referencia a la Figura 19, para facilitar la conexión del controlador de herramienta (602) al cabezal 708 mientras se mantiene un ambiente estéril, el cabezal está provisto de una primera porción 712 de un conector mecánico y una primera y segunda pluralidad de segmentos de engranaje de accionamiento coaxial separados, solo se muestra un segmento de engranaje de cada pluralidad en 710 y 711 en la Figura 19. Como se describirá a continuación, la primera pluralidad de segmentos de engranaje de accionamiento controla la posición de una cámara y la segunda pluralidad de segmentos de engranaje de accionamiento controla el controlador de herramienta (602). En esta realización, se proporcionan motores separados respectivos, solo dos de los cuales se muestran en 714 y 715 para conducir independientemente cada engranaje de transmisión en una dirección, a una velocidad y durante un tiempo que responda a las señales de control recibidas desde el ordenador 704 mostrado en la Figura 18.

El ordenador 704 puede recibir comandos de la red para controlar los motores y un ordenador separado (mostrada en la Figura 30) conectado a un dispositivo de entrada controlado por un cirujano que realiza la cirugía puede generar los comandos y transmitirlos en la red en respuesta a la mano, movimientos de dedos y brazos, por ejemplo, del cirujano

que realiza la cirugía. El cirujano que realiza la cirugía puede estar ubicado en la sala de operaciones cerca del paciente o en un lugar remoto en cualquier parte del mundo.

5 Un acoplador 720 que comprende una carcasa 722 y que tiene una segunda porción de conector 724 del conector mecánico tiene una cubierta de plástico 726 conectada alrededor del perímetro de la carcasa 722 justo debajo de la segunda porción de conector 724 del conector mecánico. Antes de que la segunda porción 724 del conector mecánico se conecte a la primera porción de conector 712, la cubierta de plástico 726 está dispuesta para cubrirse hacia abajo de manera que una porción de extremo abierto 728 de la cubierta de plástico 726 mire hacia abajo. El acoplador 720 se mueve entonces a su lugar de modo que la segunda porción del conector 724 se acople con la primera porción del conector 712 como se muestra en la Figura 20. Luego, refiriéndose a la Figura 21, la cubierta de plástico 726 se eleva sobre el cabezal 708 y sobre una porción del brazo de posicionamiento bruto 706, dejando solo la porción del acoplador 720 debajo de la línea perimetral en la que se une la cubierta de plástico 726 a la carcasa 722, expuesta al paciente.

15 Con referencia a la Figura 22, el acoplador 720 sirve para acoplar un conjunto de cámara/tubo de suministro 730 al cabezal 708 y además sirve para conectar uno o más controladores de herramientas del tipo que se muestra en 602 en la Figura 17 al cabezal 708.

20 El conjunto de cámara/tubo de suministro comprende una base 732 que tiene una porción de conector 734 que se acopla con una porción de conector correspondiente 736 en el acoplador 720. Un tubo de suministro de plástico transparente 738 de aproximadamente 1 pulgada (2,5 cm) de diámetro, aproximadamente 20 (51 cm) de largo y que tiene un grosor de pared de aproximadamente 0,035 (0,1 cm) pulgadas tiene una porción de extremo proximal 740 conectada a la base 732 y tiene una segunda porción de extremo distal 742. Un conjunto de cámara 748 que comprende una cámara 750 y un posicionador de cámara 752 están ubicados en el extremo distal del tubo de suministro y un tubo rígido de soporte del posicionador de cámara 754 se extiende desde el posicionador de cámara 752 hasta el tubo de suministro 738 desde la segunda porción de extremo distal 742 del tubo de suministro 738 y está rígidamente conectado a la base 732.

30 Con referencia a la Figura 23, el posicionador de cámara 752 puede ser el mismo que el posicionador de herramienta 20 y acoplado a un controlador de cámara 760 como el controlador de herramienta que se muestra en 602 en la Figura 17 para permitir que la cámara 750 se coloque dentro o fuera del eje 762 del tubo de suministro 738. La cámara 750 no necesita tener el mismo rango de movimiento que el posicionador de herramienta 20 descrito anteriormente y, por lo tanto, se pueden usar menos enlaces de control flexibles en el posicionador de cámara 752. Por ejemplo, solo dos de los primeros enlaces de control flexibles pueden ser necesarios para mover el posicionador de cámara 752 en una dirección vertical fuera del eje del tubo de suministro 738 y el enlace de control flexible para rotar la herramienta puede no ser necesario. Esto simplifica el controlador de cámara 760 porque tiene menos carretes y segmentos de engranaje. Solo se muestra un segmento de engranaje en 761 en la Figura 23, pero hay tantos segmentos de engranaje como enlaces de control flexibles para controlar la posición de la cámara. Con referencia de nuevo a la Figura 19, cada segmento de engranaje está engranado con una cremallera lineal correspondiente 763 en el acoplador. La cremallera lineal 763 en el acoplador 720 tiene una porción de engranaje que mira hacia arriba para engancharse con el segmento de engranaje 711 en el cabezal 708 y tiene una porción de engranaje que mira hacia abajo para engancharse con el segmento de engranaje 761 que se muestra en la Figura 23 en el conjunto de cámara/tubo de suministro 730.

45 Con referencia de nuevo a la Figura 19, el acoplador 720 también tiene una pluralidad de cremalleras lineales que tienen porciones de engranaje 765 orientadas hacia arriba para enganchar los segmentos de engranaje 710 correspondientes en el cabezal 708 y tiene porciones de engranaje 767 orientadas hacia abajo para enganchar segmentos de engranaje correspondientes en al menos un controlador de herramienta como 602 en la Figura 17, como se describirá a continuación.

50 Con referencia de nuevo a la Figura 23, la base 732 tiene además un conector óptico 770 y un conector eléctrico 772 que se proyectan en una dirección proximal desde la base 732 de modo que cuando la base está acoplada al acoplamiento 720 que se muestra en la Figura 22, se acoplan con los conectores ópticos y eléctricos 774 y 776 correspondiente en el cabezal 708. El conector óptico 774 en el cabezal 708 proporciona luz por medio de una fibra óptica 778 y una fibra óptica correspondiente 780 conectada al conector óptico 770 en la base 732 se encamina en el posicionador de la cámara y termina en una ubicación por encima de una lente 781 en el cámara 750 para iluminar el sujeto de la imagen tomada por la cámara 750. El conector eléctrico 772 en la base está conectado a la cámara 750 para recibir señales de imagen y pasa estas señales de imagen al conector eléctrico 776 en el cabezal 708, que las comunica al ordenador 704 que se muestra en la Figura 18. La cámara 750 puede tener dos lentes o estar configurada de otro modo para producir señales de imagen en 3D, por ejemplo. El ordenador 704 formatea las señales de imagen según sea necesario y las transmite en la red para permitir la captura de las señales de imagen por dispositivos conectados a la red, incluyendo una pantalla que puede estar ubicada en o cerca del dispositivo de entrada operado por el cirujano.

60 Con referencia de nuevo a la Figura 23, el tubo de suministro 738 tiene una porción de extremo proximal 782 que se extiende hacia atrás de la base 732.

65

Con referencia a la Figura 24, la base 732 se muestra acoplada al acoplador 720, con lo cual los segmentos de engranaje, uno de los cuales se muestra en 711, para controlar el posicionador de cámara 752 se acoplan con las cremalleras lineales 763 en el acoplador 720. Además, los segmentos de engranaje 710 asociados con el posicionador de herramienta se acoplan con las cremalleras lineales correspondientes 765 en el acoplador 720. Se proporciona un espacio adyacente a las cremalleras lineales 765 para permitir que al menos un controlador de herramienta se monte en el espacio de manera que los segmentos de engranaje (628, 622, 632, 636, 640 y 644 en un controlador de herramienta 602) se enganchen con las cremalleras lineales correspondientes, solo una de las cuales se muestra en 765 en la Figura 24. También en la posición que se muestra en la Figura 24, los conectores ópticos (770) y (774) y los conectores eléctricos (772) y (776) están conectados para permitir que la luz se transmita al cabezal de la cámara y para que la cámara envíe señales de imagen al ordenador 704 en la Figura 18. Además, cuando el conjunto de cámara/tubo de suministro 730 está conectado al acoplador 720, la porción de extremo proximal 782 del tubo de suministro está dispuesta adyacente al espacio adyacente a las cremalleras lineales 765.

Con referencia a la Figura 25, con el conjunto de cámara/tubo de suministro 730 conectado al acoplador 720, se puede instalar el controlador de herramienta 602. Con referencia a la Figura 26, para instalar el controlador de herramienta 602, el controlador de herramienta se coloca de tal manera que la herramienta 550 se inserta en la porción de extremo proximal 782 del tubo de suministro (738) y se empuja completamente a través del tubo de suministro hasta que la herramienta 550 y el posicionador de herramienta 20 se extienden hacia afuera desde la segunda porción de extremo distal 742 del tubo de suministro como se muestra en la Figura 27. Por lo tanto, el segundo conducto rígido 606 se extiende dentro del tubo de suministro paralelo al tubo de soporte del posicionador de cámara 754 y el posicionador de herramienta 20 puede moverse libremente en el espacio adyacente a la segunda porción de extremo distal 742 del tubo de suministro. Con referencia a las Figuras 26 y 27, la longitud del segundo conducto rígido 606 está preconfigurada de modo que cuando los segmentos de engranaje 628, 622, 632, 636, 640 y 644 se enganchan con sus cremalleras lineales correspondientes (629, 623, 633, 637, 641 y 645), el posicionador de herramienta 20 está completamente fuera del tubo de suministro 738.

Con referencia a la Figura 26, en la realización mostrada, el acoplador 720 tiene un primer y segundo conjuntos de cremallera lineal 800 y 802 que son operables para recibir los primer y segundo controladores de herramienta, respectivamente. Un primer controlador de herramienta se muestra en 602 y un segundo controlador de herramienta se muestra en un contorno discontinuo en 804. En el diseño descrito anteriormente del primer controlador de herramienta 602, cada segmento de engranaje 628, 622, 632, 636, 640 y 644 tiene un segmento de engranaje simétricamente opuesto 928, 922, 932, 936, 940 y 944 en el mismo cubo. Estos segmentos de engranaje 928, 922, 932, 936, 940 y 944 se encuentran en planos paralelos respectivos a distancias predefinidas de un plano paralelo en el que se encuentra la placa base 612 y sobresalen más allá de un borde 950 de la placa base 612 en la misma cantidad cuyos segmentos de engranaje opuestos correspondientes sobresalen más allá de un borde opuesto 952 de la placa base 612. En la realización mostrada, el primer controlador de herramienta 602 se instala en el acoplador 720 para cooperar con el primer conjunto de cremallera lineal 800 y cuando se instala para efectuar esta cooperación, el borde 952 del primer controlador de herramienta 602 se orienta hacia al primer conjunto de cremallera lineal 800.

El segundo controlador de herramienta 804 es el mismo que el primer controlador de herramienta 602, pero está instalado en una orientación de imagen especular en relación con el primer controlador de herramienta 602 como se muestra en el contorno discontinuo en la Figura 26. En esta orientación, un borde 954 del segundo controlador de herramienta 804 correspondiente al borde 950 del primer controlador de herramienta 602 se orienta hacia el segundo conjunto de cremallera lineal 802 y segmentos de engranaje (equivalentes a 928, 922, 932, 936, 940 y 944 del primer controlador de herramienta 602) del segundo controlador de herramienta 804 se acoplan con las cremalleras lineales correspondientes del segundo conjunto de cremallera lineal 802. Por lo tanto, un segundo posicionador de herramienta 812 conectado a un segundo controlador de herramienta 804 puede alimentarse a través del tubo de suministro 738 para extenderse fuera del tubo de suministro como se muestra en la Figura 28.

Con referencia a la Figura 29, con los componentes descritos anteriormente conectados entre sí como se describe, se describe adicionalmente el aparato quirúrgico laparoscópico que se muestra en la Figura 18. La plataforma móvil 700 se puede usar para mover el cabezal 708 a una posición como se muestra, en la que las herramientas 550 y 810 y la cámara 750 se colocan dentro de un paciente (no se muestra) a través de una única incisión relativamente pequeña. Inicialmente, la cámara 750 y los primer y segundo posicionadores de herramientas se colocan de manera que estén muy adyacentes entre sí dentro del diámetro del tubo de suministro 738 para facilitar la inserción de la cámara y los primer y segundo posicionadores de herramientas 20 y 812 y las herramientas 550 y 810 en los mismos en el paciente a través de la pequeña incisión. Luego, el paciente puede inflarse con CO₂ de la manera convencional y luego la cámara puede colocarse fuera del eje del tubo de suministro, hacia arriba, por ejemplo, y posicionarse para tener un campo de visión que abarque las ubicaciones de las herramientas 550 y 810, por ejemplo. La cámara 750 también puede tener capacidad de ampliación para acercarse a cualquier área de particular interés dentro del paciente en las proximidades de las herramientas 550 y 810. Entonces, las herramientas 550 y 810 pueden colocarse y manipularse para realizar cirugía mientras la cámara 750 visualiza las acciones de las herramientas.

El posicionamiento y la manipulación de las herramientas 550 y 810 está dirigido por un cirujano que opera una estación de trabajo como se muestra en 860 en la Figura 30, que tiene un portal 3D 862, por ejemplo, para ver imágenes tridimensionales producidas por la cámara 750 en una pantalla y con los dispositivos de entrada izquierdo

y derecho 864 y 866, un reposa manos 868 y un armario de soporte 870 montado en una plataforma móvil 872. La plataforma móvil puede tener un primer y segundo conmutadores de pie 874 y 876. El armario de soporte 870 puede incluir un ordenador 878 configurado operativamente para recibir señales de los dispositivos de entrada izquierdo y derecho 864 y 866 y del primer y segundo conmutadores de pie 874 y 876 y para producir y transmitir señales de comando en la red al ordenador del aparato quirúrgico laparoscópico 850 mostrado en la Figura 29 hace que las cremalleras lineales se muevan en direcciones y distancias que efectuarán un movimiento deseado de la herramienta.

Anteriormente se mencionó que el efector final o herramienta se puede mover con 5 grados de libertad tirando o presionando varios enlaces de la primera, segunda y/o tercera pluralidad de enlaces de control flexibles 88, 90, 92, 94, 104, 106, 108, 110, 120, 122, 124, 126 moviendo los correspondientes de los conjuntos de cremallera lineal. Se proporciona un 6^{to} grado de libertad de movimiento haciendo que el conjunto de herramienta 600 y el controlador de herramienta 602 se muevan en una dirección a lo largo del eje del segundo conducto rígido 604. Tal movimiento puede proporcionarse moviendo el cabezal 708 en una dirección lineal a lo largo de una línea coincidente con el tubo de suministro 738, por ejemplo.

Alternativamente, haciendo referencia a las Figuras 26 y 31, en una realización alternativa del acoplador 720, los primer y segundo conjuntos de cremallera lineal 800 y 802 pueden formarse en bases separadas 900 y 902 y las cremalleras cooperantes (765 en el acoplador 720) pueden hacerse lo suficientemente largo para permitir que las primera y segunda cremalleras lineales 800 y 802 se mueva linealmente con relación a una base 904 del acoplador 720 para proporcionar una 6^{to} grado de libertad de movimiento en la dirección del eje del tubo de suministro 738. Para efectuar este movimiento, la base 904 puede estar provista de una primera y segunda cremalleras 906 y 908 que se acoplan con segmentos de engranajes lineales correspondientes (no mostrados) en la parte inferior de las primera y segunda bases 900 y 902. Las primera y segunda cremalleras pueden accionarse mediante cremalleras de acoplamiento correspondientes (no mostrados) en el cabezal (708) de una manera similar a la descrita en relación con la forma en que las cremalleras individuales de los primer y segundo conjuntos de cremallera lineal 800 y 802 son accionados.

En la realización alternativa del acoplador 720 que se muestra en la Figura 31, en referencia a la Figura 32, cuando los primer y segundo controladores de herramienta 602 y 804 están dispuestos a diferentes distancias de la porción de extremo proximal 782 del tubo de suministro, los posicionadores de herramienta respectivos 20 y 812 están dispuestos a diferentes distancias de la porción del extremo distal 742 del tubo de suministro que posiciona las herramientas respectivas 550 y 810 a diferentes distancias de la porción del extremo distal del tubo de suministro.

Ventajosamente, el aparato descrito en este documento proporciona diferentes tipos de herramientas para ser sostenidas por el mismo tipo de aparato de posicionamiento de herramienta que separa la función de posicionamiento de herramienta de la función de operación de herramienta. Por lo tanto, se puede proporcionar un único tipo de posicionador de herramienta y se pueden usar selectivamente diferentes tipos de herramientas en ese aparato de posicionamiento de herramienta, según se desee. Además, el aparato permite que las herramientas quirúrgicas izquierda y derecha se reciban a través de la misma incisión en el paciente y permite que estas herramientas se coloquen en lados opuestos de un eje definido por el tubo de suministro. Esto permite el acceso al área en la que se realiza la cirugía desde cualquier lado, lo que hace que el cirujano parezca que realiza la cirugía directamente de la manera convencional. Además, las mismas herramientas que se utilizan para realizar las funciones del efector final son giratorias alrededor de sus ejes longitudinales, lo que proporciona un posicionamiento más conveniente e independiente de los efectores finales.

Si bien se han descrito e ilustrado realizaciones específicas de la invención, tales realizaciones deben considerarse ilustrativas de la invención únicamente y no como limitantes de la invención tal como se interpretan de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

Las siguientes realizaciones se divulgan:

1. Un aparato de posicionamiento de herramienta articulado, el aparato que comprende:

un miembro base, un miembro intermedio, un miembro de extremo y un primer soporte de herramienta dispuestos en sucesión, cada uno de dicho miembro base, miembro intermedio, miembro de extremo y soporte de herramienta que tiene una abertura central respectiva;
 una primera pluralidad de guías acopladas entre el miembro base y el miembro intermedio en donde al menos una guía de dicha primera pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro base y al menos una guía de dicha primera pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro intermedio y en donde cada guía acoplada de dicha primera pluralidad de guías acopladas tiene una abertura central respectiva;
 una segunda pluralidad de guías acopladas entre el miembro intermedio y el miembro de extremo en donde al menos una guía de dicha segunda pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro intermedio y al menos una guía de dicha segunda pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro de extremo y en donde cada guía acoplada de dicha segunda pluralidad de guías acopladas tiene una abertura central respectiva;

una tercera pluralidad de guías acopladas entre el miembro de extremo y el soporte de herramienta en donde al menos una guía de dicha tercera pluralidad de guías acopladas está acoplada al miembro de extremo y al menos una guía de dicha tercera pluralidad de guías acopladas está acoplada al soporte de herramienta y en donde cada guía acoplada de dicha tercera pluralidad de guías acopladas tiene una abertura central respectiva;

primeras aberturas de guía en dicho miembro base y las correspondientes primeras aberturas de guía generalmente alineadas en cada guía acoplada de dicha primera pluralidad de guías acopladas;

una primera pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en una relación de separación paralela y que se extiende a través de las aberturas respectivas de dichas primeras aberturas de guía en dicho miembro base y a través de las aberturas respectivas de dichas primeras aberturas de guía correspondientes en dicha primera pluralidad de guías acopladas, cada uno de dicha primera pluralidad de enlaces de control flexibles que tienen respectivas primeras porciones de extremo conectadas a dicho miembro intermedio y respectivas segundas porciones de extremo que se extienden lejos de dicho miembro base;

segundas aberturas de guía en dicho miembro intermedio y las correspondientes aberturas de segunda guía generalmente alineadas en cada guía acoplada de dichas primera y segunda pluralidades de guías acopladas;

una segunda pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en una relación de separación paralela cada uno que tiene un primer extremo conectado al miembro de extremo, un segundo extremo conectado a al menos uno del miembro base y un objeto separado de la base y que tiene una porción intermedia entre dichos primer y segundo extremos, cada una de dichas porciones intermedias se extiende a través de una segunda abertura de guía respectiva en dicho miembro intermedio y a través de una segunda abertura de guía respectiva en cada guía de dichas primera y segunda pluralidades de guías acopladas;

terceras aberturas de guía en dicho miembro base y en cada guía acoplada de dicha primera pluralidad de guías acopladas y en dicho miembro intermedio y en cada guía acoplada de dicha segunda pluralidad de guías acopladas y en dicho miembro de extremo y en cada guía acoplada de dicha tercera pluralidad de guías acopladas; y

una tercera pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en una relación de separación paralela y que se extiende a través de dichas terceras aberturas de guía respectivas en dicho miembro base a través de dichas terceras aberturas de guía respectivas, en cada guía acoplada de dicha primera pluralidad de guías acopladas a través de dichas terceras aberturas de guía respectivas, en dicho miembro intermedio a través de dichas aberturas de la tercera guía respectivas, en cada guía acoplada de dicha segunda pluralidad de guías acopladas a través de dichas aberturas de la tercera guía respectivas, en dicho miembro de extremo y a través de dichas aberturas de la tercera guía respectivas en cada guía acoplada de dicha tercera pluralidad de guías acopladas, cada uno de dichos enlaces de control flexibles de dicha tercera pluralidad de enlaces de control flexibles que tienen un primer extremo conectado al soporte de herramienta y un segundo extremo que se extiende lejos de dicho miembro base;

en donde empujar o tirar de los enlaces de control de dicha primera pluralidad de enlaces de control hace que dicho miembro base, dicha primera pluralidad de guías acopladas, dicho miembro intermedio, dicha segunda pluralidad de guías acopladas y dicho miembro de extremo asuman posiciones que definen selectivamente una curva continua;

en donde dicha segunda pluralidad de enlaces de control hace que dicho miembro de extremo mantenga una orientación generalmente la misma que dicho miembro base cuando cualquiera de dichos primer y tercer enlaces de control flexibles es empujado o tirado; y

en el que empujar o tirar de los enlaces de control de dicha tercera pluralidad de enlaces de control hace que dicho soporte de herramienta se mueva selectivamente a cualquiera de una pluralidad de orientaciones, de modo que dicha tercera pluralidad de guías acopladas entre dicho miembro de extremo y dicho soporte de herramienta define una curva continua desde dicho miembro de extremo a dicho soporte de herramienta.

2. El aparato del elemento 1 en donde dichas primera, segunda y tercera pluralidades de enlaces de control flexibles incluyen cables capaces de experimentar aproximadamente 200 N de tensión y compresión sin ceder y hasta aproximadamente 2 % a 4 % de esfuerzo.

3. El aparato de los ítems 1 o 2 en donde al menos uno de dichos cables está compuesto de una aleación metálica de níquel y titanio que tiene memoria de forma y superelasticidad.

4. El aparato de cualquiera de los elementos 1-3 en donde dicha segunda pluralidad de enlaces de control incluye cables que tienen una rigidez común.

5. El aparato de cualquiera de los elementos 1-4 en donde dicho miembro base, dicho miembro intermedio, dicho miembro de extremo, dicho soporte de herramienta y dichas guías acopladas de dichas primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas tienen cada una porción de superficie exterior cilíndrica generalmente circular, cada una de dichas porciones de superficie exterior cilíndricas generalmente circulares tiene un diámetro común.

6. El aparato del elemento 5 en donde dicho miembro base, dicho miembro intermedio, dicho miembro de extremo, dicho soporte de herramienta y dichas guías acopladas de dichas primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas tienen generalmente segmentos anulares y en donde:
- 5 al menos un segmento anular de dicho miembro base y al menos un segmento anular de cada guía acoplada de dicha primera pluralidad de guías acopladas tienen dichas primeras aberturas de guía;
al menos un segmento anular de cada guía acoplada de dichas primera y segunda pluralidades de guías acopladas y al menos un segmento anular de dicho miembro intermedio tienen dichas segundas aberturas de guía; y
- 10 al menos un segmento anular de cada uno de dicho miembro base, dicho miembro intermedio, dicho miembro de extremo y cada guía acoplada de dichas primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas tienen dichas terceras aberturas de guía.
7. El aparato del elemento 6 en donde cada uno de dichos segmentos anulares de dichas guías acopladas de dicha primera pluralidad de guías acopladas tiene lados opuestos dispuestos en ángulos agudos a un eje de dicha abertura central en dicha guía acoplada.
8. El aparato del elemento 7 en donde cada uno de dichos segmentos anulares de dicha segunda pluralidad de guías acopladas tiene lados opuestos dispuestos en ángulos agudos a un eje de dicha abertura central en dicha guía acoplada.
- 20 9. El aparato del elemento 8 en donde cada uno de dichos segmentos anulares de dicha tercera pluralidad de guías acopladas tiene lados opuestos dispuestos en ángulos agudos a un eje de dicha abertura central en dicha guía acoplada.
- 25 10. El aparato del elemento 9 en donde dichos lados opuestos de segmentos anulares de dichas guías acopladas de dichas primera y segunda pluralidades de guías acopladas están dispuestos en un primer ángulo agudo al eje y en donde dichos lados opuestos de segmentos anulares de dichas guías acopladas de dicha tercera pluralidad de dichas guías acopladas están dispuestos en un segundo ángulo agudo con respecto al eje, dicho segundo ángulo agudo que es diferente de dicho primer ángulo agudo.
- 30 11. El aparato del elemento 10 en donde dicho segundo ángulo agudo es mayor que dicho primer ángulo agudo.
12. El aparato de cualquiera de los elementos 6-11 en donde pares adyacentes de guías acopladas de dichas primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas están acopladas por al menos una proyección en una guía de dicho par y un receptáculo para recibir la proyección en la otra guía de dicho par.
- 35 13. El aparato de cualquiera de los elementos 1-12 en donde cada una de dichas guías acopladas de dichas primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas tiene una proyección que se extiende axialmente que tiene una porción esférica truncada y tiene una cavidad alineada axialmente para recibir una proyección de una guía acoplada adyacente para permitir que las guías acopladas adyacentes giren esféricamente entre sí, dicha abertura central de dicha guía acoplada tiene un primer terminal en dicha proyección y un segundo terminal en dicho receptáculo para que las aberturas centrales de guías acopladas adyacentes estén en comunicación con entre sí para definir un canal central operable para recibir una porción de una herramienta sostenida por dicho soporte de herramienta.
- 40 45 14. El aparato de cualquiera de los elementos 1-13 y que comprende además un primer conducto de soporte que tiene un primer y segundo extremos abiertos, dicha base que está conectada a dicho primer extremo abierto de dicho conducto de soporte para soportar dicha base y dichas segundas porciones de extremo de dicho primer y tercer enlaces de control que se extienden a través de dicho primer conducto de soporte para extenderse fuera de dicho segundo extremo abierto de dicho primer conducto de soporte.
- 50 55 15. Un conjunto de herramienta que comprende el aparato del elemento 14 y que comprende además una primera herramienta que comprende un primer efector final, un primer acoplador para acoplar el primer efector final al primer soporte de herramienta, una primera porción de eje flexible que tiene una longitud aproximadamente igual a una longitud definida entre dicho miembro base y dicho soporte de herramienta, una primera porción de eje rígido que tiene una longitud aproximadamente igual a una longitud de dicho primer conducto de soporte y un primer enlace de control de herramienta que tiene un primer extremo conectado al primer efector final y un segundo extremo que se extiende desde dicha primera porción de eje rígido, dicha primera porción de eje rígido se recibe en dicha abertura central de dicho primer soporte de herramienta y se extiende a través de dichas aberturas centrales en dicha tercera pluralidad de guías acopladas, dicha abertura central en dicho miembro de extremo, dichas aberturas centrales en dicha segunda pluralidad de guías acopladas, dicha abertura central en dicho miembro intermedio, dichas aberturas centrales en dicha primera pluralidad de guías acopladas, dicha abertura central en dicho miembro base y dicho primer conducto de soporte de manera que dicha primera porción de eje flexible es coaxial con dicho aparato de posicionamiento de herramienta y dicha primera porción de eje rígido es generalmente coaxial con dicho primer conducto de soporte y tal que dicha segunda porción de extremo
- 60 65

de dicho primer enlace de control de herramienta se extiende desde dicha segunda porción de extremo de dicho primer conducto de soporte.

- 5 16. Un conjunto de controlador de herramienta que comprende el conjunto de herramienta del elemento 15 y que comprende además un primer soporte de control, dicho primer conducto de soporte de dicho aparato de posicionamiento de herramienta está conectado a dicho primer soporte de control de tal manera que dicho primer soporte de control está en un primer lado de un primer eje longitudinal de dicho primer conducto de soporte, y en donde dicho primer soporte de control tiene una primera pluralidad de actuadores conectados a los respectivos enlaces de control flexibles de dichas primera y tercera pluralidades de dichos enlaces de control flexibles de dicho primer aparato de posicionamiento de herramienta, para empujar y tirar selectivamente de dichas segundas porciones de extremo de dichos respectivos enlaces de control flexibles para provocar que dicho miembro base, dicha primera pluralidad de guías acopladas, dicho miembro intermedio, dicha segunda pluralidad de guías acopladas y dicho miembro de extremo definan selectivamente una curva continua y provoquen selectivamente que dicho soporte de herramienta se mueva a cualquiera de una pluralidad de orientaciones, de modo que dicha tercera pluralidad de guías acopladas entre dicho miembro de extremo y dicho primer aparato de soporte de herramienta define una curva continua desde dicho miembro de extremo hasta dicho primer soporte de herramienta; y en donde dicho primer soporte de control incluye un primer actuador de herramienta conectado a dicho primer enlace de control de herramienta de dicha primera herramienta, para empujar y tirar selectivamente de dicha segunda porción de extremo de dicho primer enlace de control de herramienta para efectuar la operación de dicho efector final.
- 10
- 15
- 20
- 25 17. El conjunto de controlador de herramienta del elemento 16 en donde cada actuador de dicha primera pluralidad de actuadores y dicho primer actuador de herramienta comprende:
- una porción de carrete giratorio respectiva a la que está conectado un enlace de control respectivo para permitir que una porción de dicho enlace de control respectivo sea tomada o pagada desde dicha porción de carrete en respuesta a la rotación correspondiente de dicha porción de carrete; y un controlador respectivo para rotar selectivamente dicha porción de carrete en primera y segunda direcciones opuestas, en donde dicho enlace de control respectivo se tira cuando dicha porción de carrete se gira en dicha primera dirección para tomar dicha porción de dicho enlace de control respectivo y en donde dicho enlace de control respectivo es empujado cuando dicha porción de carrete se gira en dicha segunda dirección para pagar dicha porción de dicho enlace de control respectivo.
- 30
- 35 18. El conjunto de controlador de herramienta del elemento 17 en donde cada uno de dichos controladores incluye un segmento de engranaje.
- 40 19. El conjunto de controlador de herramienta del elemento 18 en donde dicho primer soporte de control tiene una primera superficie de montaje y en donde cada segmento de engranaje tiene una porción que se proyecta más allá de dicha primera superficie de montaje para enganchar un engranaje de accionamiento correspondiente en un primer montaje de controlador de herramienta.
- 45 20. Un montaje de controlador de herramienta que comprende una primera interfaz de montaje de controlador de herramienta para sostener un primer conjunto de controlador de herramienta según el elemento 19 y que comprende además una primera pluralidad de engranajes de accionamiento para engranar segmentos de engranaje respectivos en dicho primer conjunto de controlador de herramienta.
- 50 21. El montaje del controlador de herramienta del elemento 20 en donde dichos engranajes de accionamiento de dicha primera pluralidad de engranajes de accionamiento incluyen cremalleras lineales respectivas configuradas operativamente para deslizarse linealmente en una relación de separación paralela.
- 55 22. El montaje del controlador de herramienta del elemento 21 incluye además una primera pluralidad de actuadores lineales conectados a dichas cremalleras lineales respectivas para deslizar dichas cremalleras lineales linealmente para impartir movimiento a los engranajes correspondientes de dicha segunda pluralidad de engranajes de accionamiento.
- 60 23. El montaje del controlador de herramienta de cualquiera de los elementos 20 - 22 que comprende además una segunda interfaz de montaje del controlador de herramienta que comprende una segunda pluralidad de engranajes de accionamiento para engranar segmentos de engranaje respectivos en un segundo conjunto de controlador de herramienta según el elemento 19.
- 65 24. El montaje del controlador de herramienta del elemento 23 en donde dichos engranajes de accionamiento de dicha segunda pluralidad de engranajes de accionamiento incluyen cremalleras lineales respectivas configuradas operativamente para deslizarse linealmente en una relación de separación paralela.

25. El montaje del controlador de herramienta del elemento 24 incluye además una segunda pluralidad de actuadores conectados a dichas cremalleras lineales respectivas para deslizar dichas cremalleras lineales linealmente para impartir movimiento a los engranajes de accionamiento correspondientes de dicha segunda pluralidad de engranajes de accionamiento.
- 5
26. Un aparato de supervisión de herramienta que comprende:
- 10 un tubo de posicionamiento colocado para recibir al menos un conducto de soporte de un conjunto de controlador de herramienta de acuerdo con el elemento 19, en donde dicho tubo de posicionamiento tiene una longitud aproximadamente igual o menor que la longitud de dicho al menos un conducto de soporte de modo que un soporte de herramienta soportado por dicho al menos un conducto de soporte se extiende desde un extremo distal de dicho tubo de posicionamiento; y
- 15 un soporte de cámara en una posición fuera de un eje de dicho tubo de posicionamiento de modo que dicha cámara se dirija hacia un efector final de una herramienta sostenida por dicho al menos un soporte de herramienta para facilitar la supervisión visual del movimiento de dicho efector final.
- 20 27. El aparato de supervisión de herramienta del elemento 26 en donde dicho soporte de cámara comprende el soporte de herramienta según uno cualquiera de los elementos 1-19 y en donde dicho conducto de soporte de dicho soporte de cámara se extiende hacia dentro de dicho tubo de posicionamiento y un posicionador de herramienta de dicho soporte de cámara se extiende desde dicho extremo distal de dicho tubo de posicionamiento y está configurado operativamente para sostener y colocar la cámara en dicha posición fuera de dicho segundo eje, en donde dicho segundo eje es generalmente perpendicular a dicho eje longitudinal de dicho conducto de soporte.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de herramienta quirúrgica que comprende:
 - 5 un aparato efector final (550) que comprende:
 - un efector final (552) que tiene una base (558), en donde la base comprende un acoplador cilíndrico (562, 564);
 - 10 un conducto (566) que tiene un extremo distal (568) acoplado al acoplador cilíndrico (562, 564) y una porción flexible en el extremo distal; y un enlace de control (560) que se extiende axialmente a través del conducto (566) y la base (558) y que tiene un extremo distal acoplado al efector final (552), el enlace de control que tiene una porción flexible en el extremo distal, en donde el enlace de control (560) se puede mover a lo largo del conducto y está acoplado a una mordaza giratoria (554, 556) del efector final (552) para provocar el movimiento de la mordaza a medida que el enlace de control (560) se mueve dentro del conducto (566), y en donde el conducto (566) es operable para girar provocando una rotación del efector final (552); y
 - 15 un aparato posicionador de herramienta que comprende:
 - 20 un posicionador de herramienta (20) que tiene una abertura central (152, 266), en donde la abertura central (152, 266) es operable para recibir el conducto (566) del aparato efector final (550); y un soporte de herramienta (28) dispuesto en un extremo distal del posicionador de herramienta (20), en donde el soporte de herramienta (28) es operable para asegurar el acoplador cilíndrico (562, 564) del aparato efector final (550) por medio de un sujetador roscado;
 - 25 en donde el posicionador de herramienta (20) es operable para moverse para colocar el soporte de herramienta (28) dispuesto en el extremo distal del posicionador de herramienta (20) durante una operación quirúrgica; y en donde el acoplador cilíndrico (562, 564) del aparato efector final (550) está asegurado dentro del soporte de herramienta (28) por medio del sujetador roscado y el conducto (566) se recibe dentro de la abertura central (152, 266).
 - 30
 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el enlace de control (560) es capaz de transmitir tanto fuerzas de compresión como de tensión.
 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el conducto (566) puede girar dentro de la abertura central (152, 266) del posicionador de herramienta (20) para provocar el movimiento de rotación del efector final (552).
 4. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el conducto (566) tiene un segundo extremo (570) conectado a un conducto rígido (574); y
 - 40 cuando se recibe en la abertura central (152, 266) del posicionador de herramienta (20), el conducto (566) se extiende a través de la abertura central y el conducto rígido (574) conectado al segundo extremo (570) del conducto (566) tiene un extremo proximal (580) que se extiende más allá de la abertura central, el extremo proximal está acoplado a un acoplador giratorio (616) en un controlador de herramienta para provocar la rotación del conducto (566).
 - 45
 5. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el conducto (566) comprende una porción flexible y una porción rígida (574) y en donde la porción flexible facilita los movimientos transversales de flexión del conducto (566) en respuesta al movimiento del posicionador de herramienta (20).
 - 50 6. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el posicionador de herramienta (20) comprende una pluralidad de guías acopladas (30, 36, 42) que tienen cada una, una abertura central (152) para proporcionar la abertura central del posicionador de herramienta.
 7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la pluralidad de guías acopladas (30, 36, 42) son accionables para moverse por una pluralidad de enlaces de control flexibles (88, 90, 92, 94, 104, 106, 108, 110, 120, 122, 124, 126) que se extienden a través de las aberturas respectivas (160, 162, 164, 166, 168, 172, 174, 176, 178, 180, 182) en las guías acopladas (30, 36, 42).
 - 55 8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la pluralidad de enlaces de control flexibles (88, 90, 92, 94, 104, 106, 108, 110, 120, 122, 124, 126) comprende enlaces de control correspondientes dispuestos a cada lado de la abertura central (152), y en donde empujar uno de los enlaces de control mientras se tira del enlace de control correspondiente provoca que la pluralidad de guías acopladas (30, 36, 42) se doble hacia el enlace de control del cual se ha tirado.
 - 60

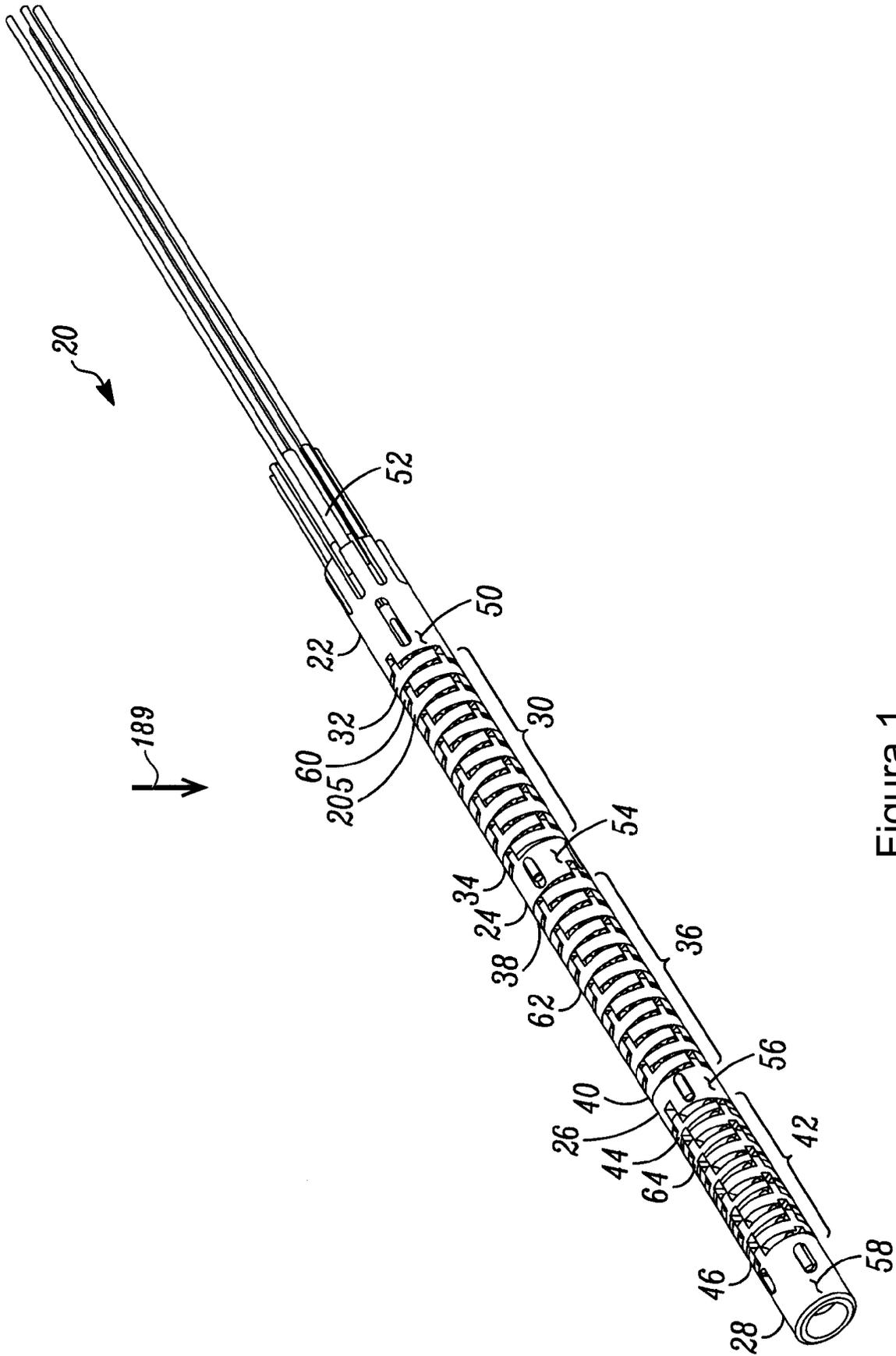


Figura 1

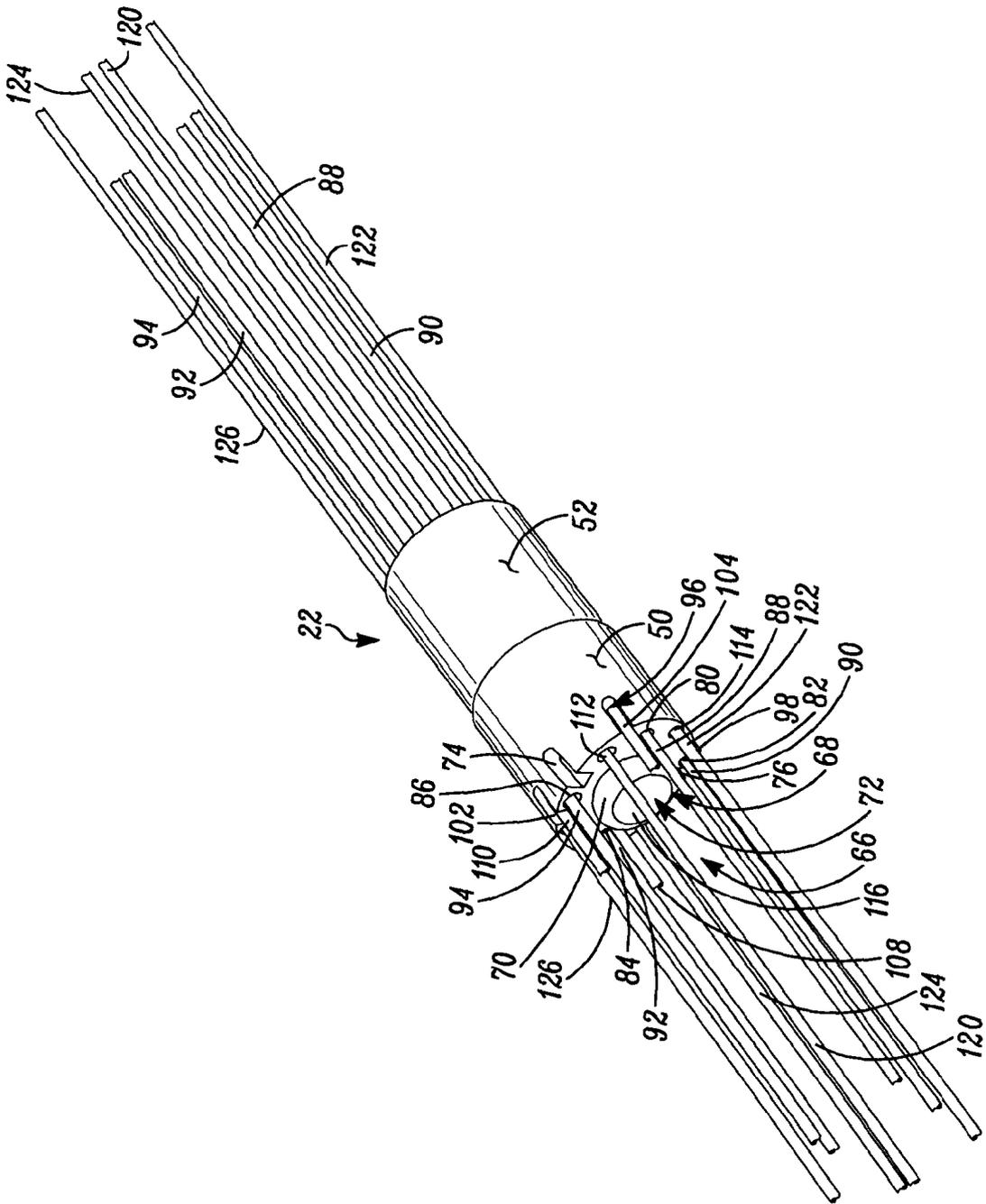


Figura 2

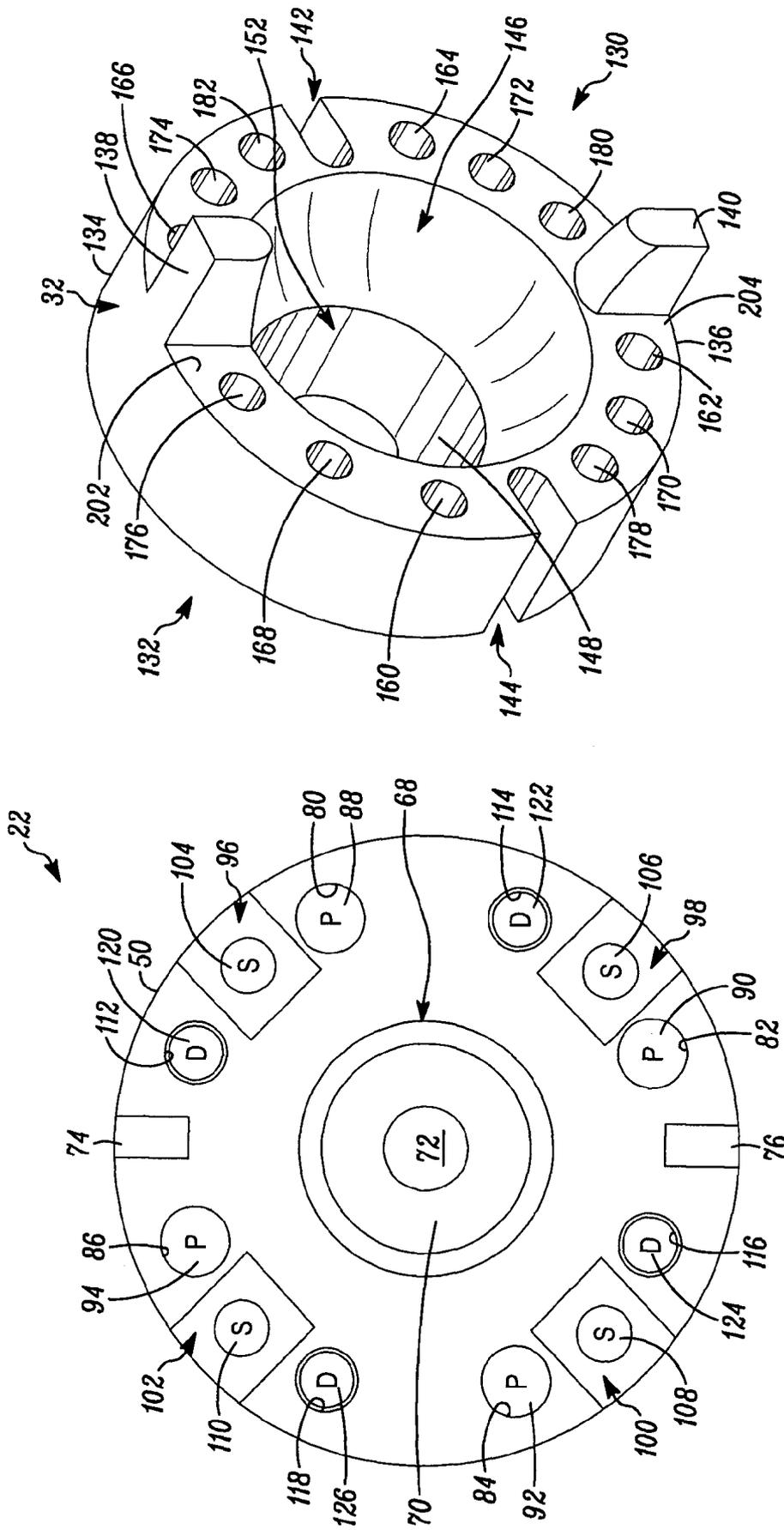


Figura 3

Figura 4

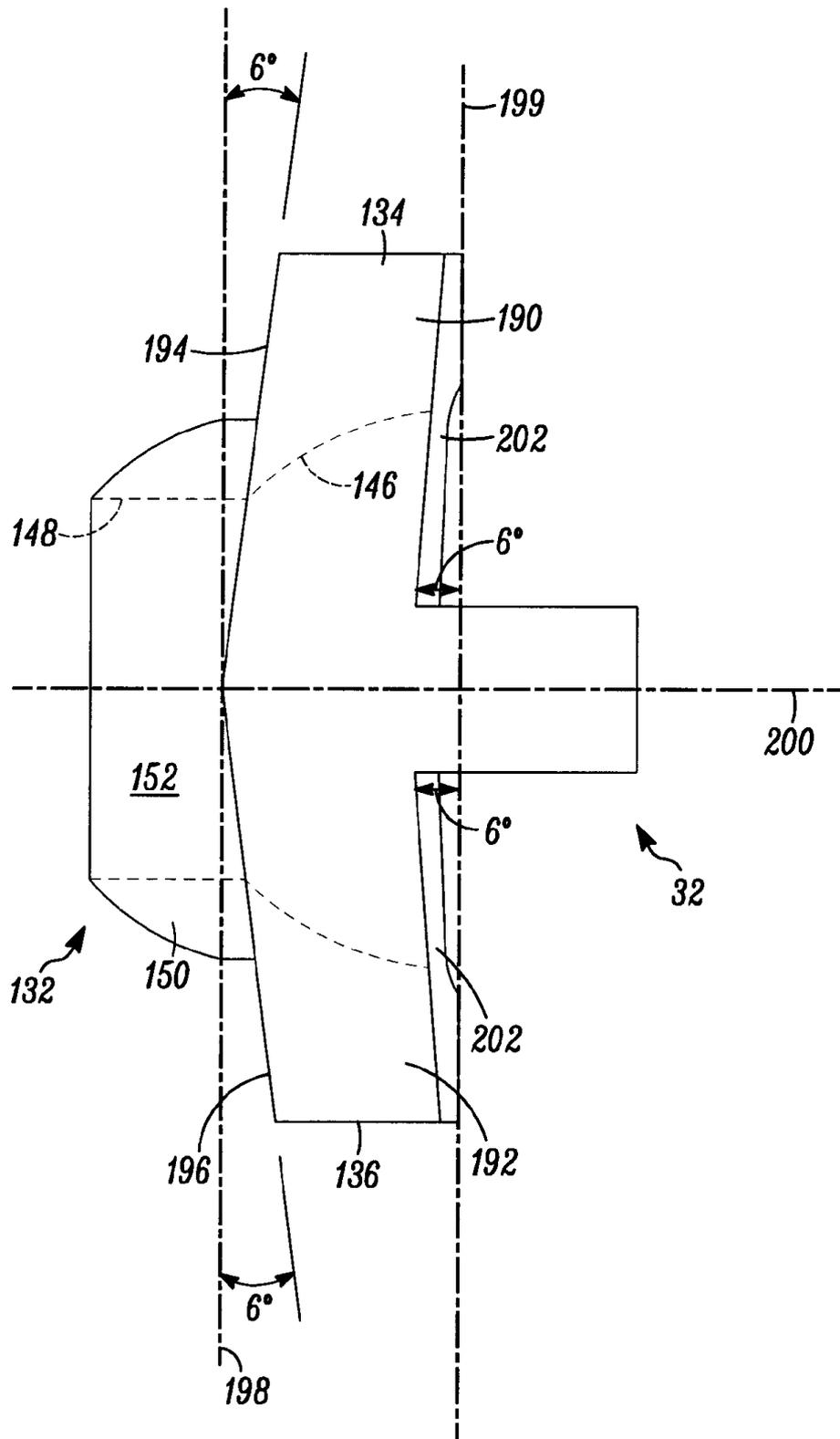


Figura 5

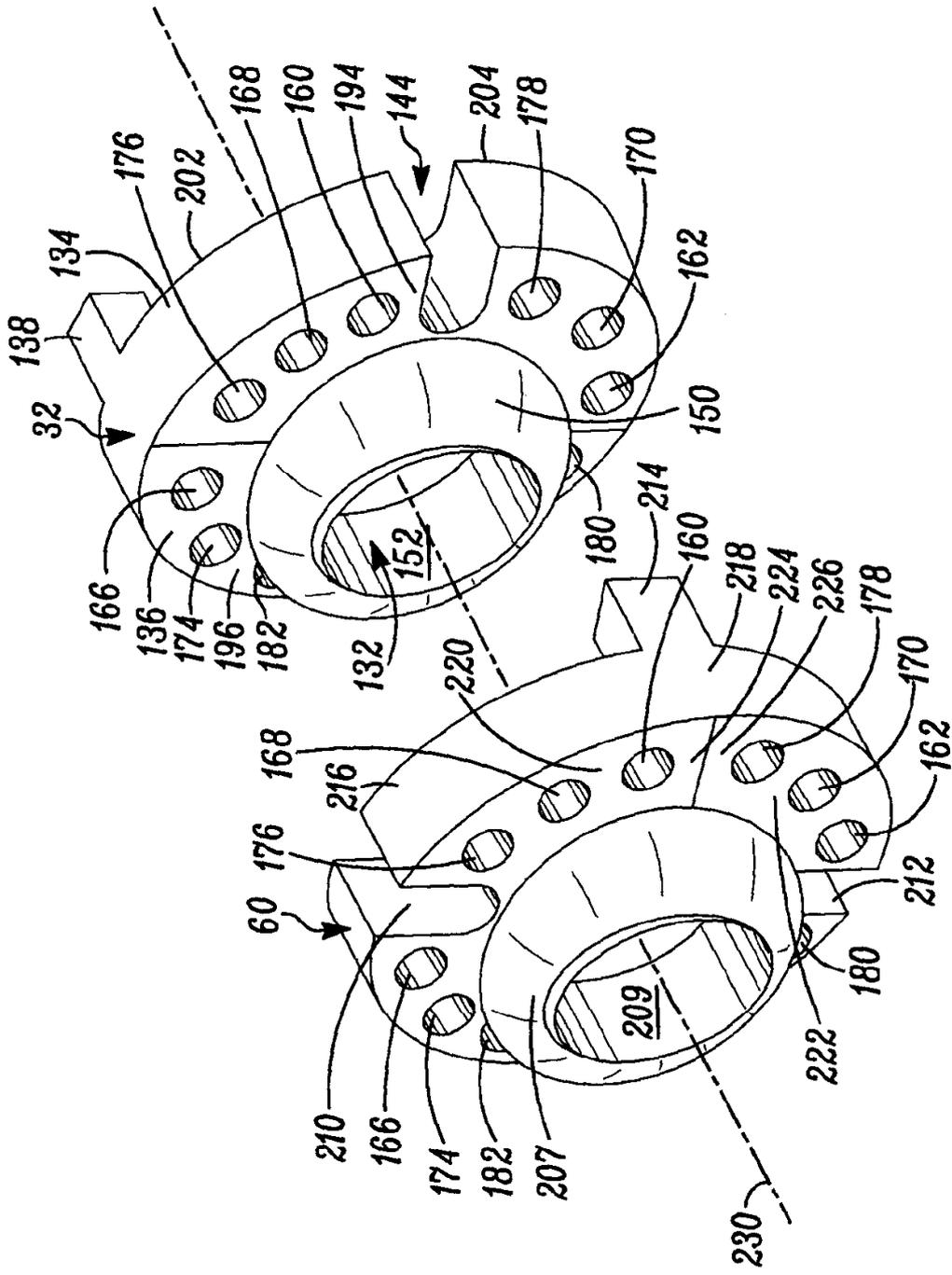


Figura 6

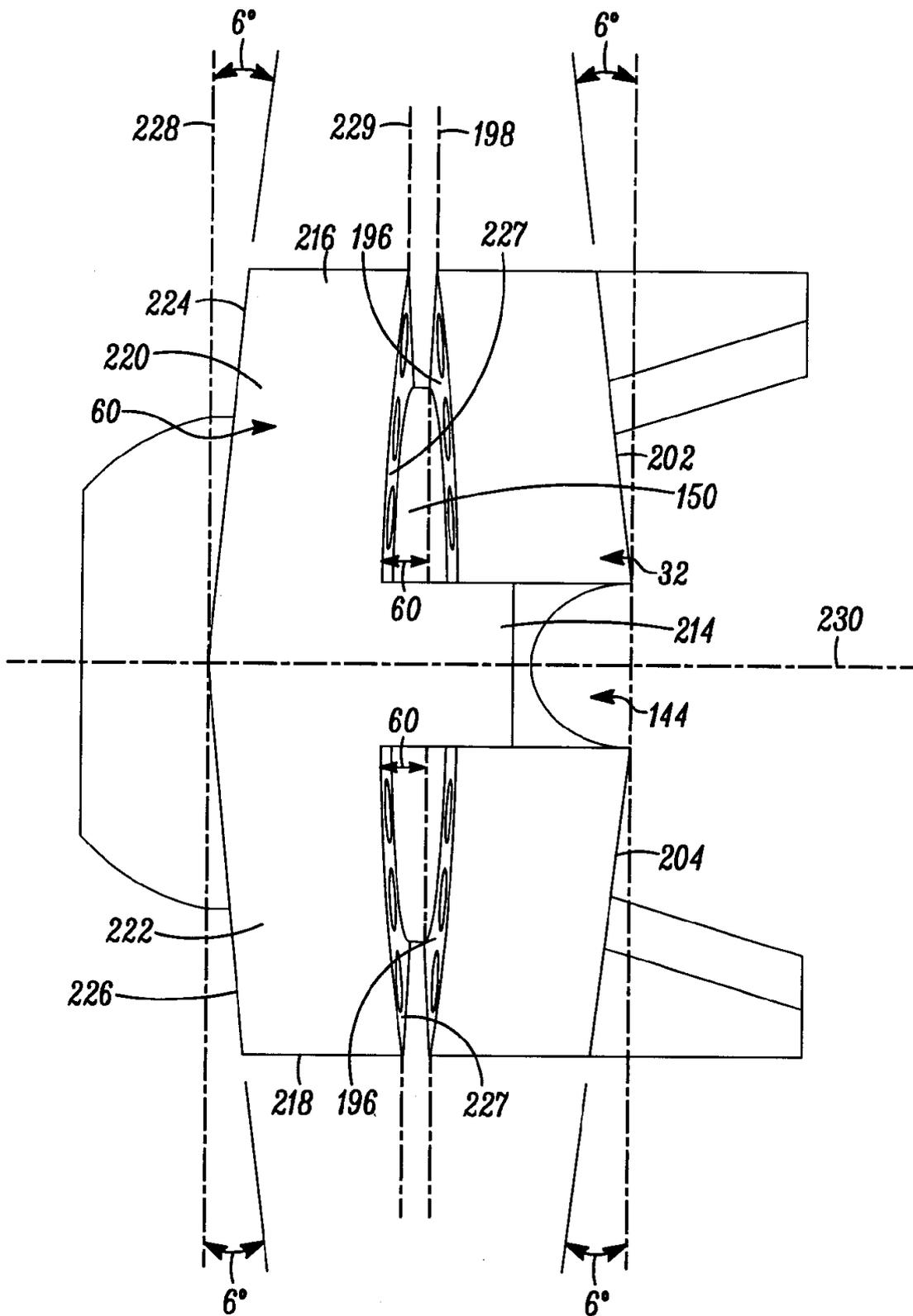


Figura 7

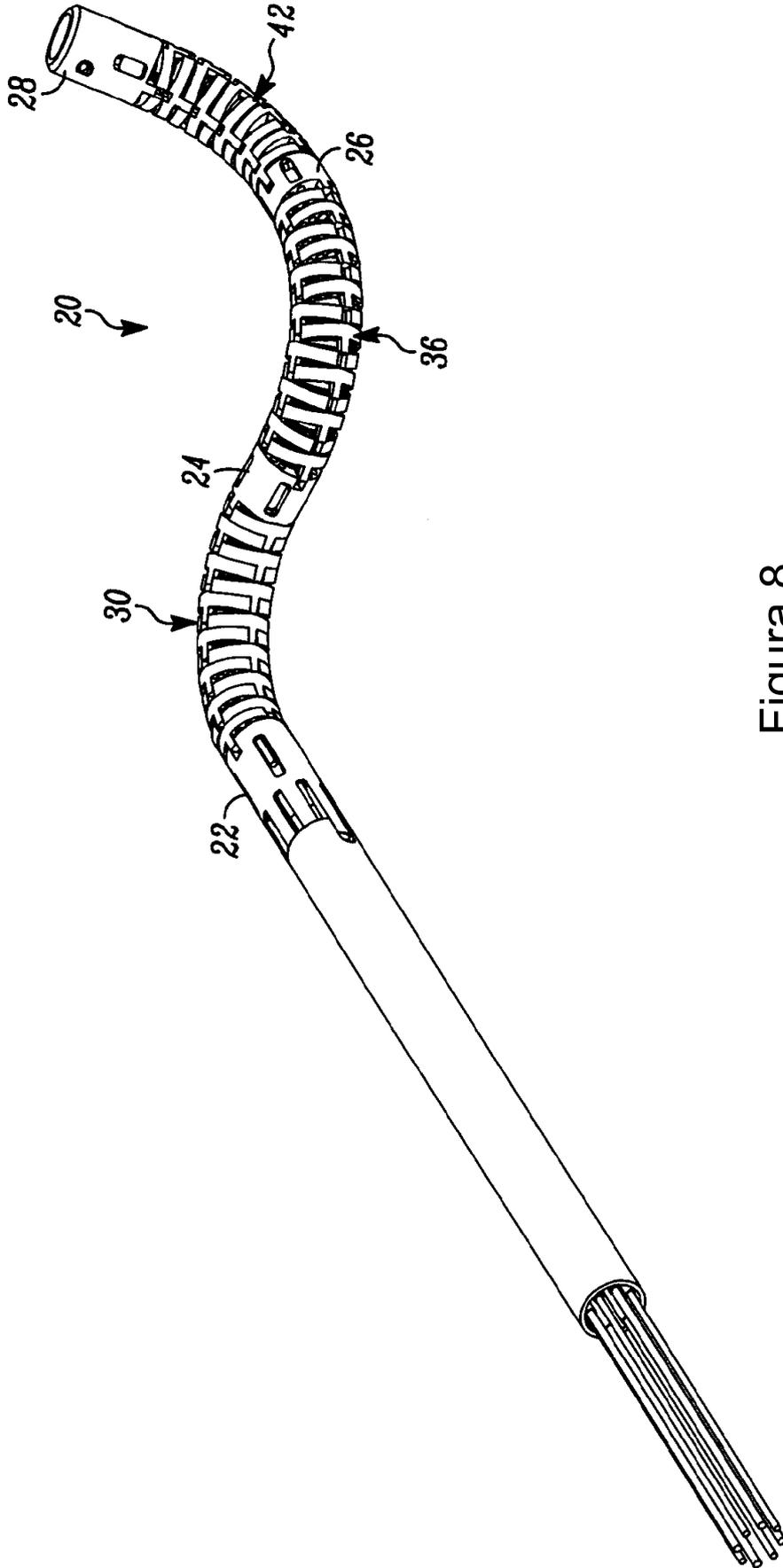


Figura 8

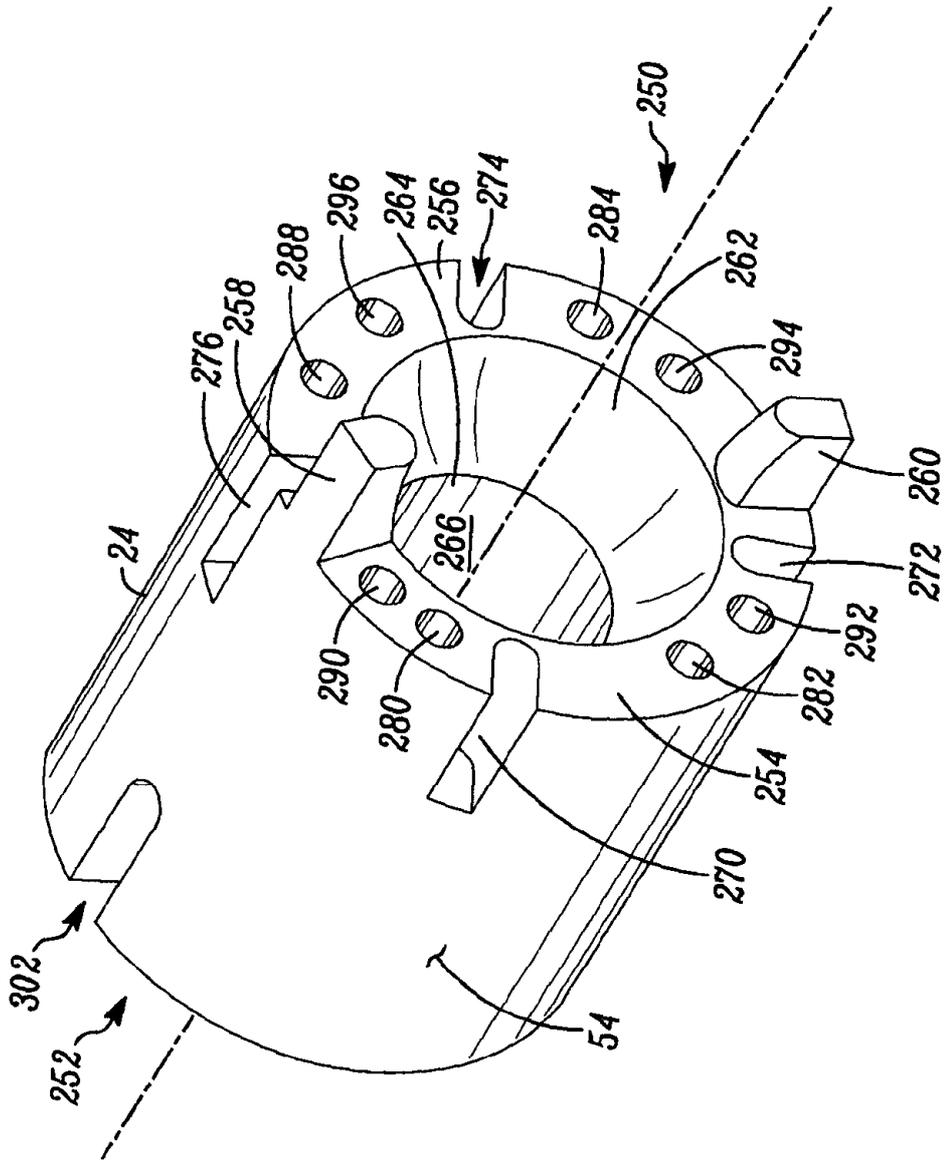


Figura 9

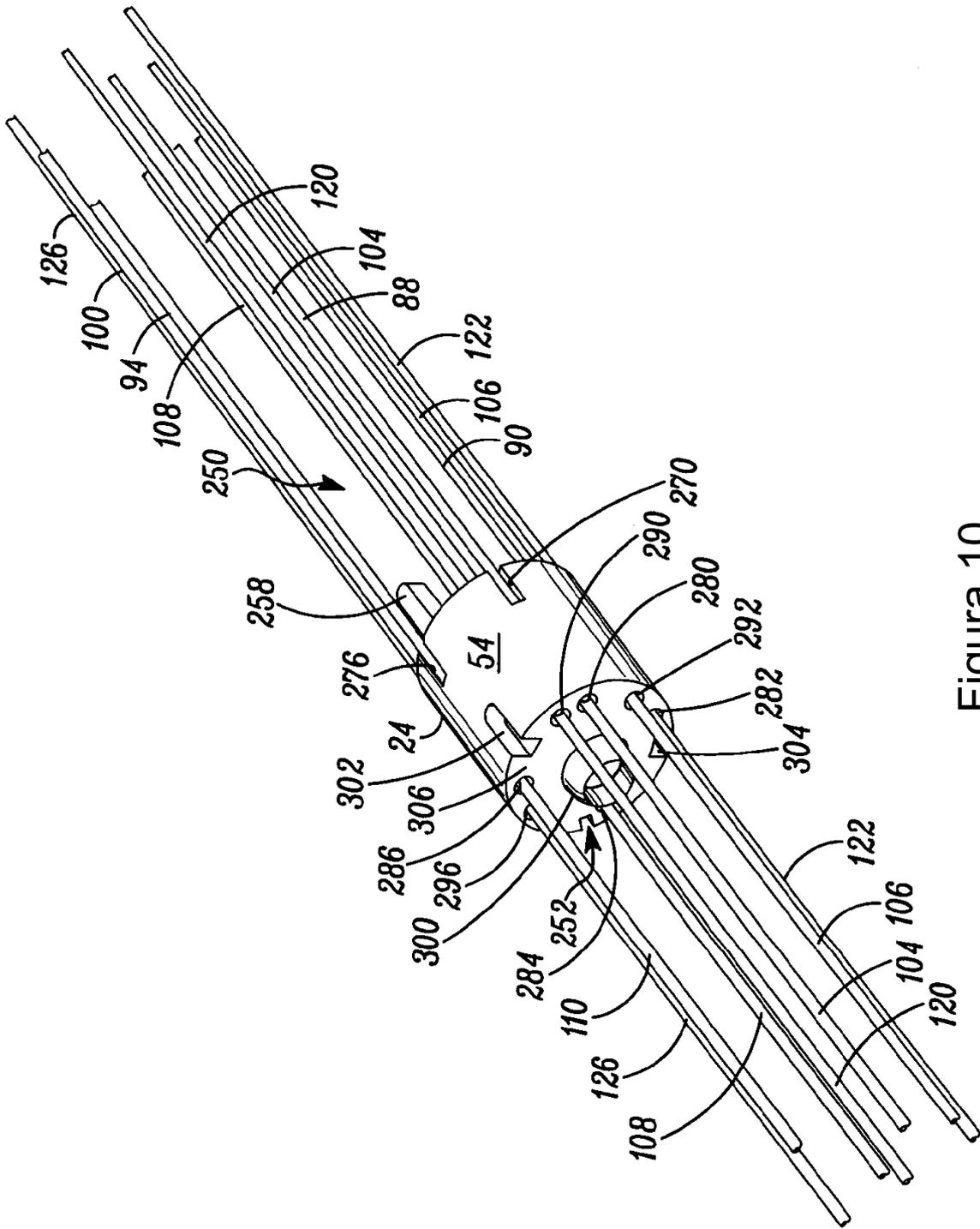


Figura 10

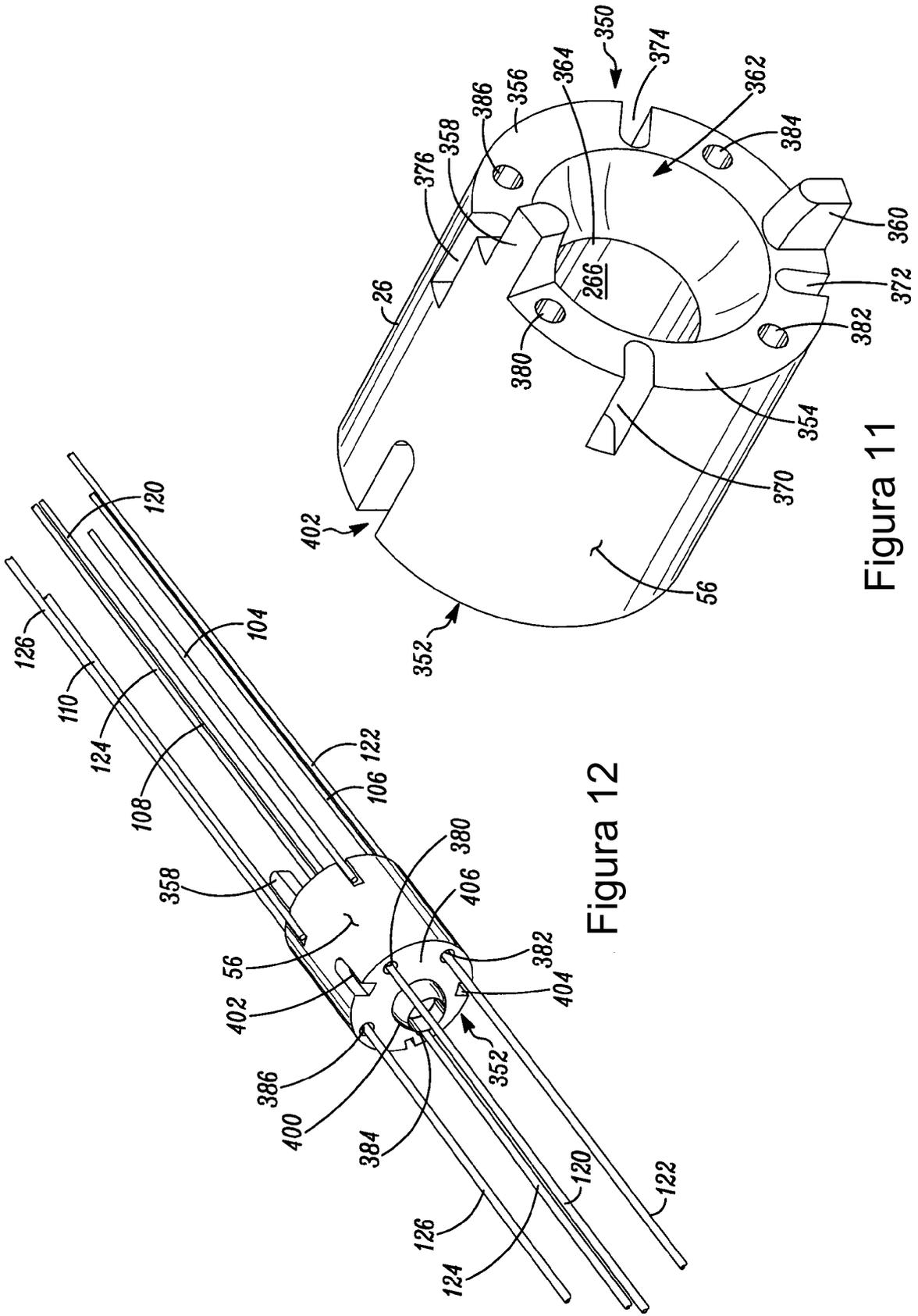


Figure 11

Figure 12

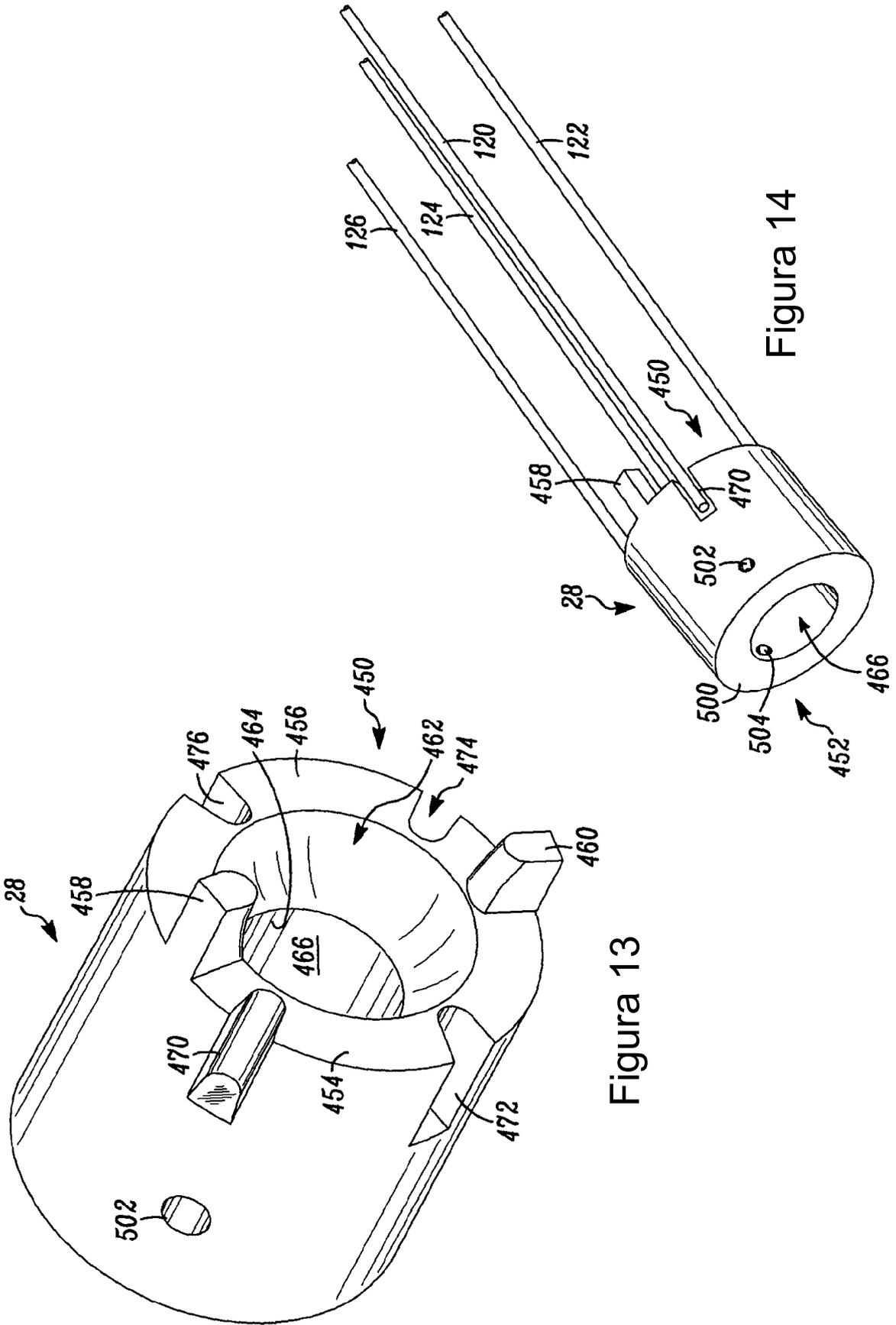


Figura 14

Figura 13

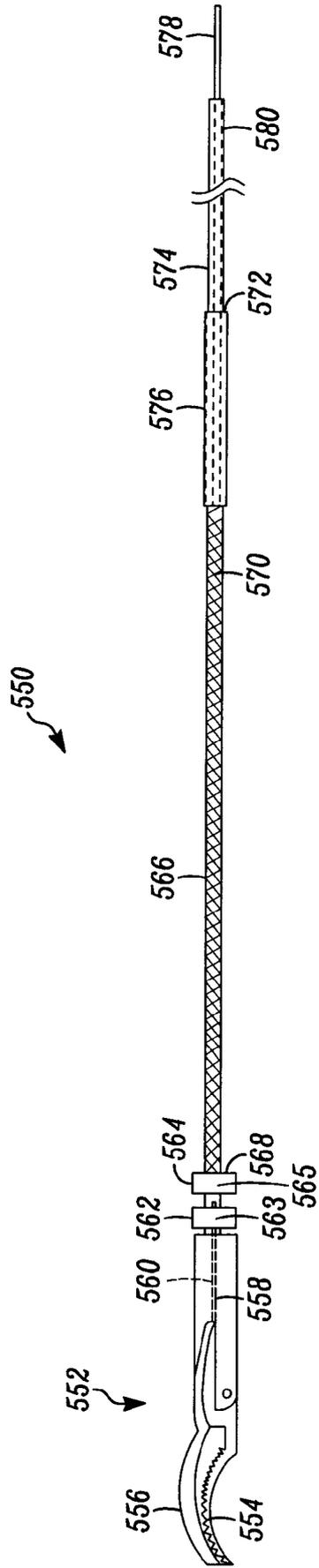


Figura 15

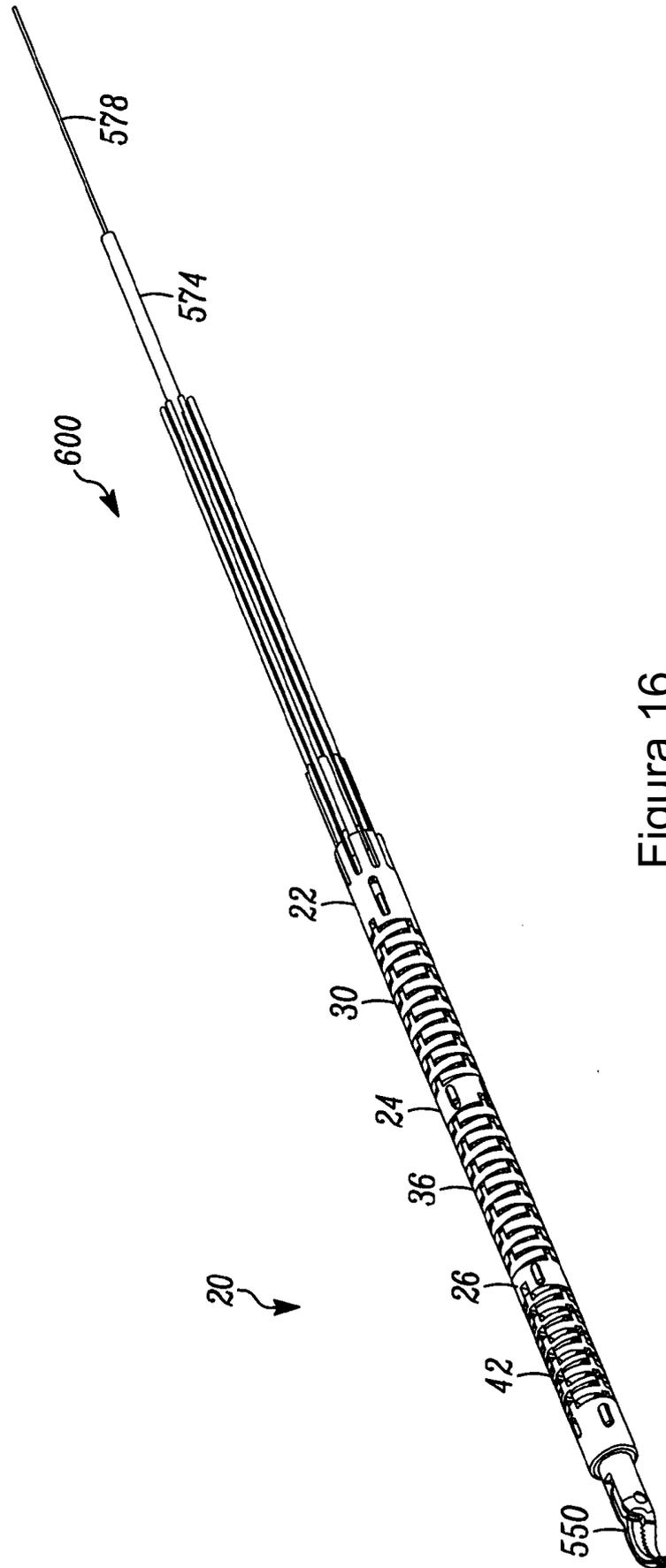


Figura 16

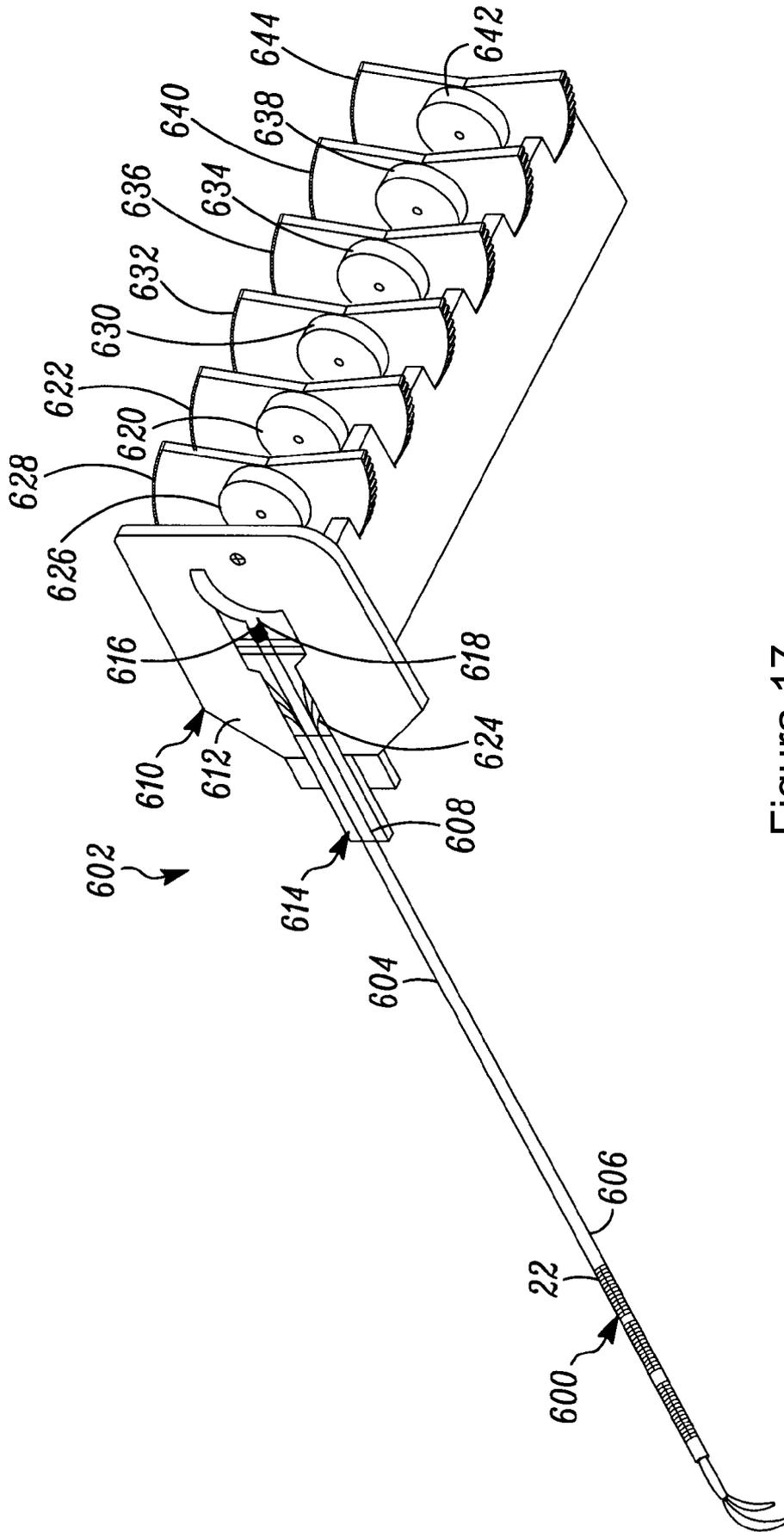


Figura 17

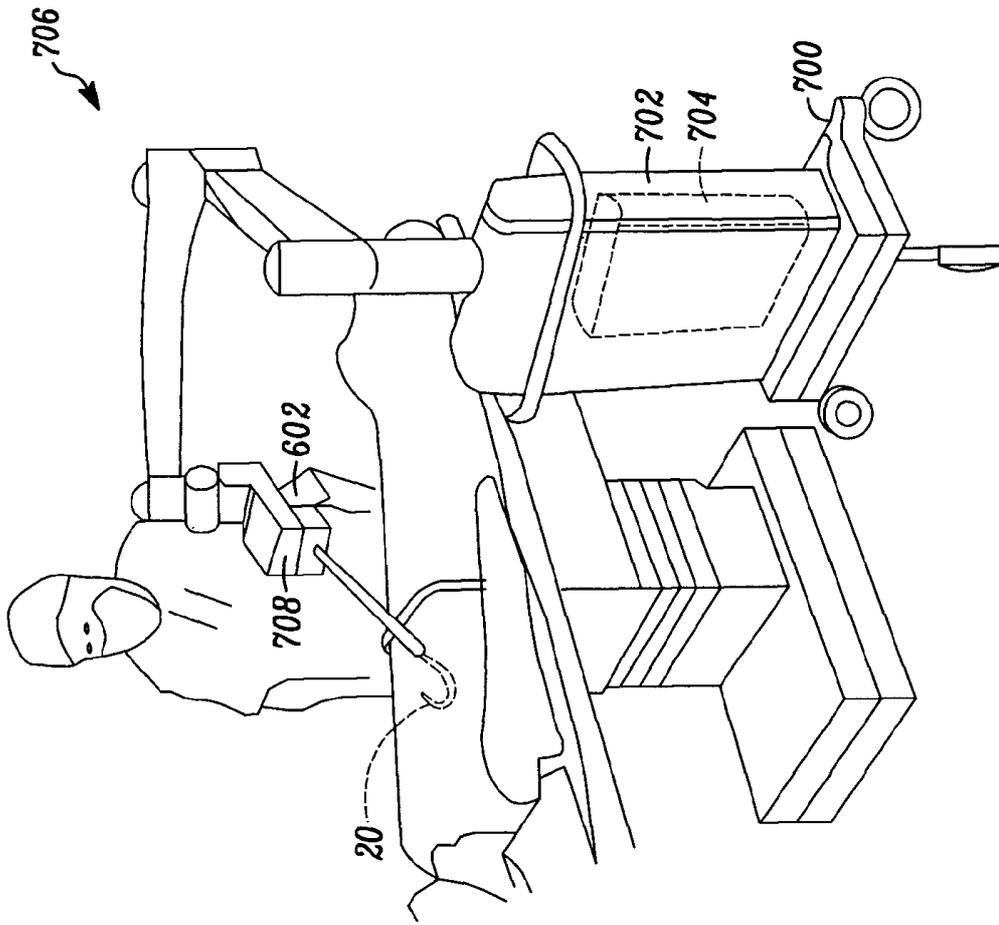


Figura 18

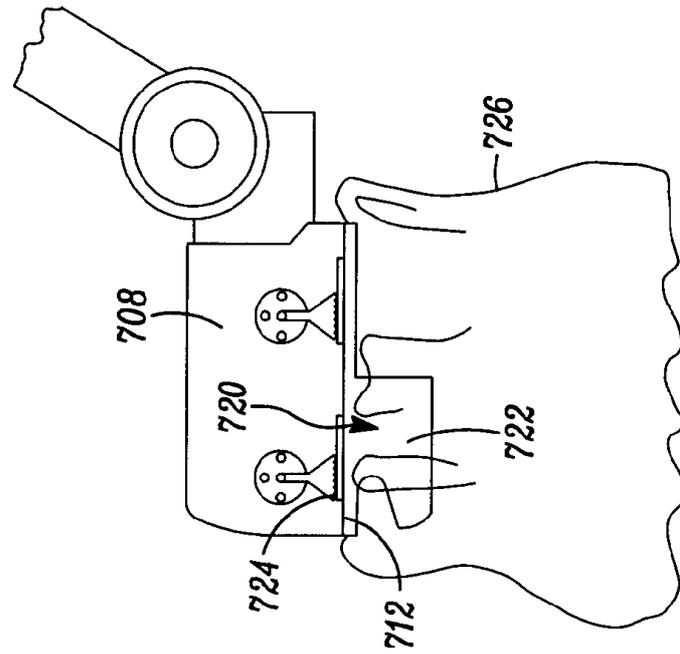


Figura 20

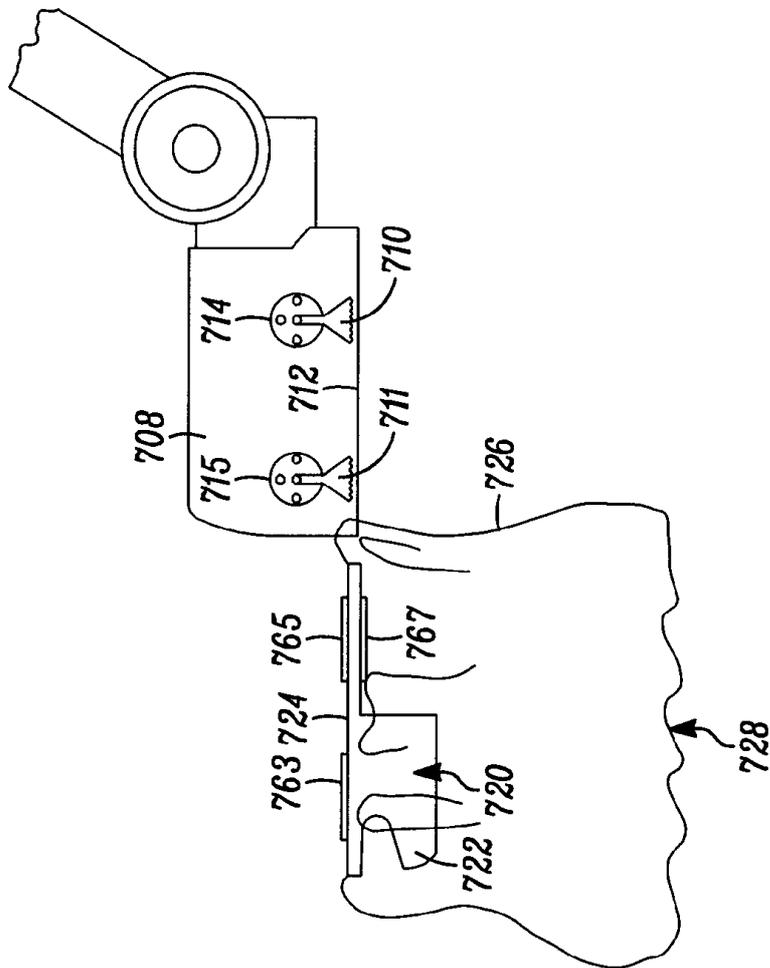


Figura 19

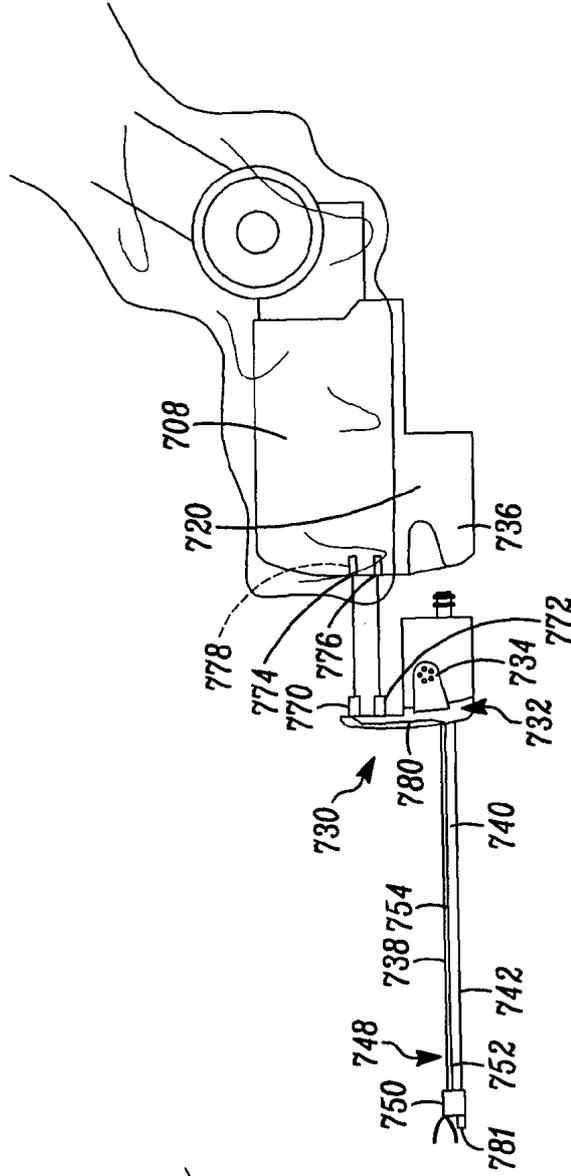


Figura 22

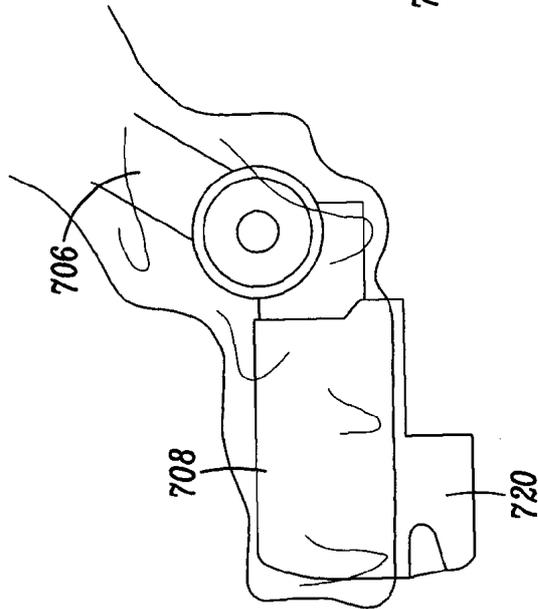


Figura 21

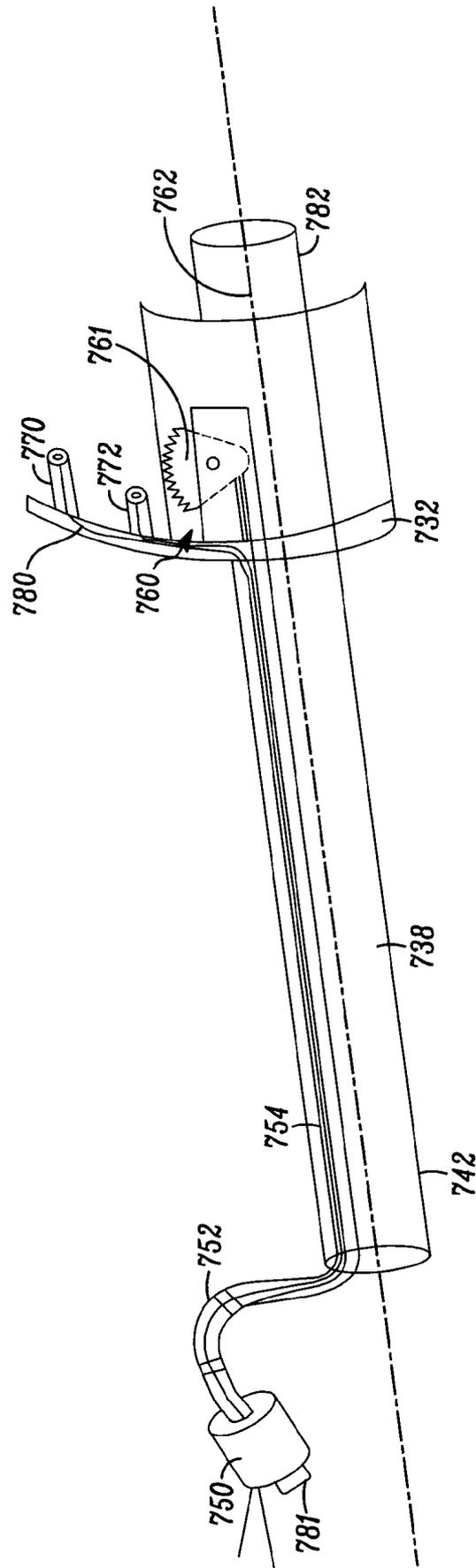


Figura 23

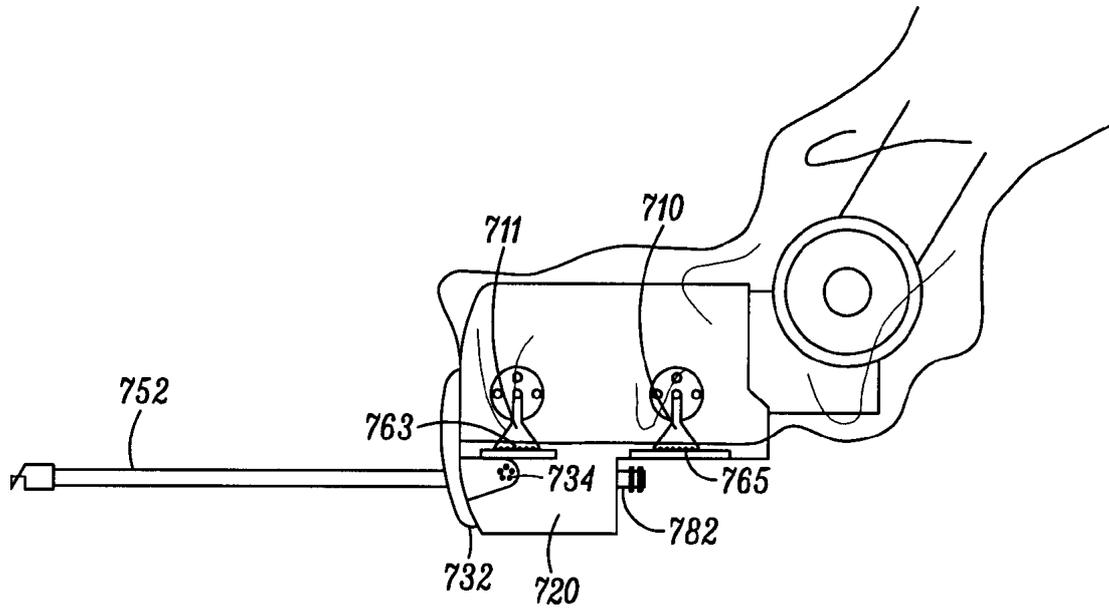


Figura 24

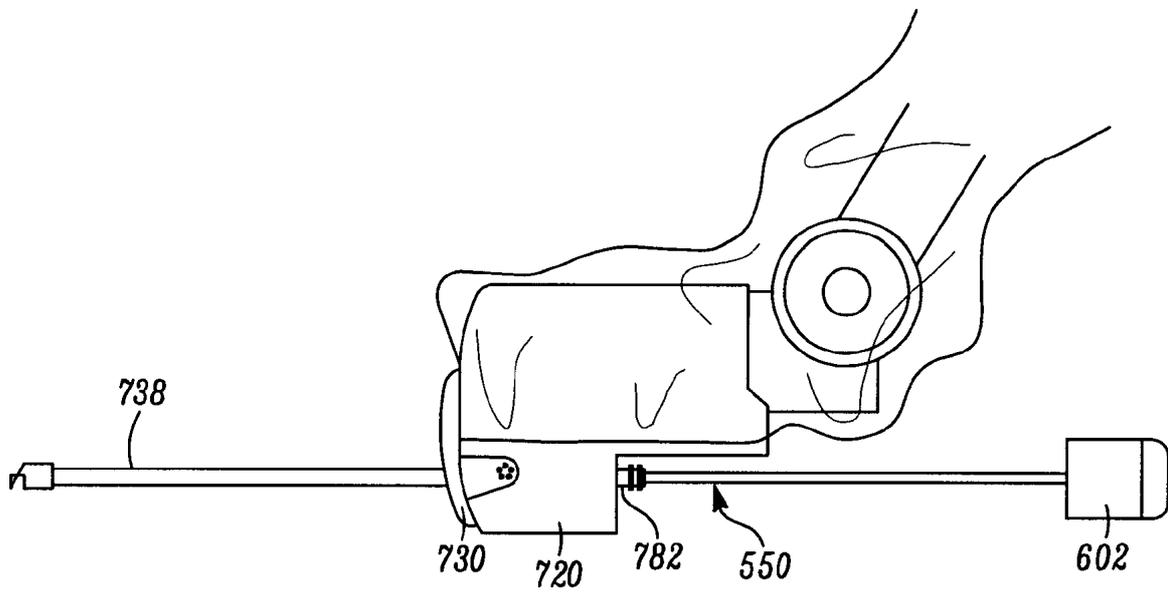


Figura 25

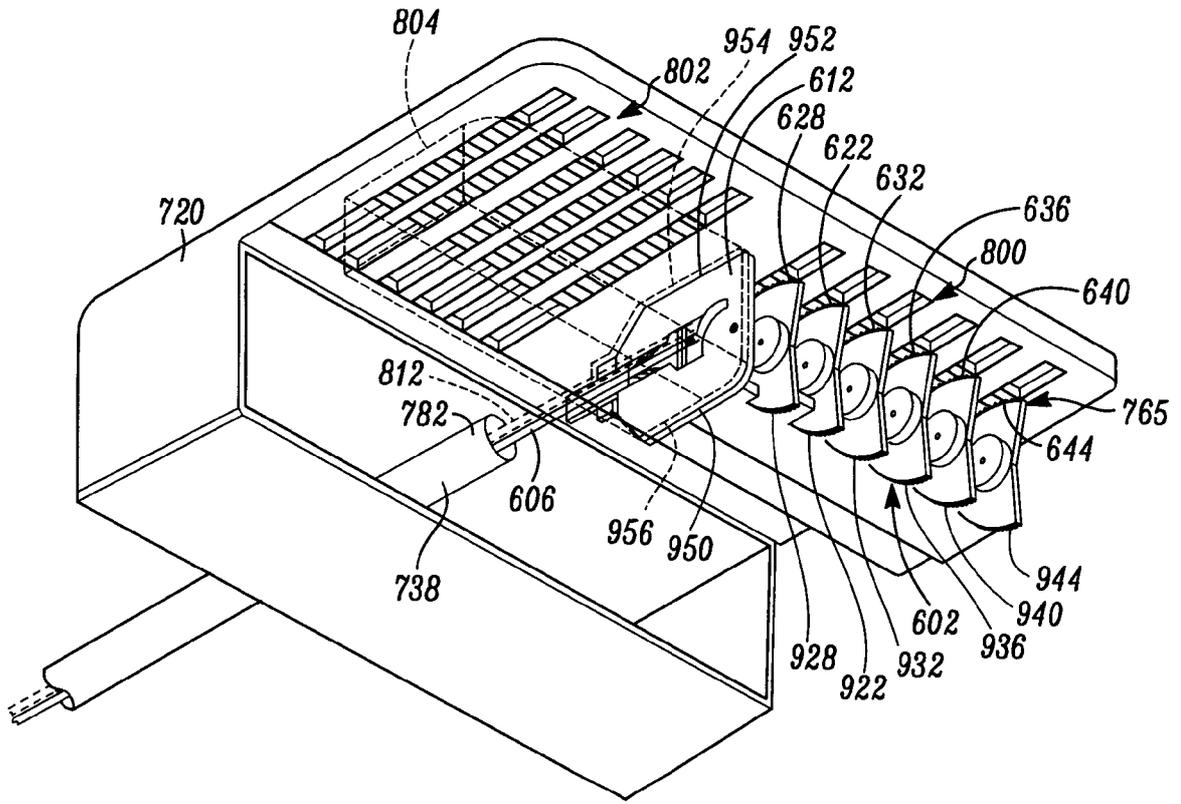


Figura 26

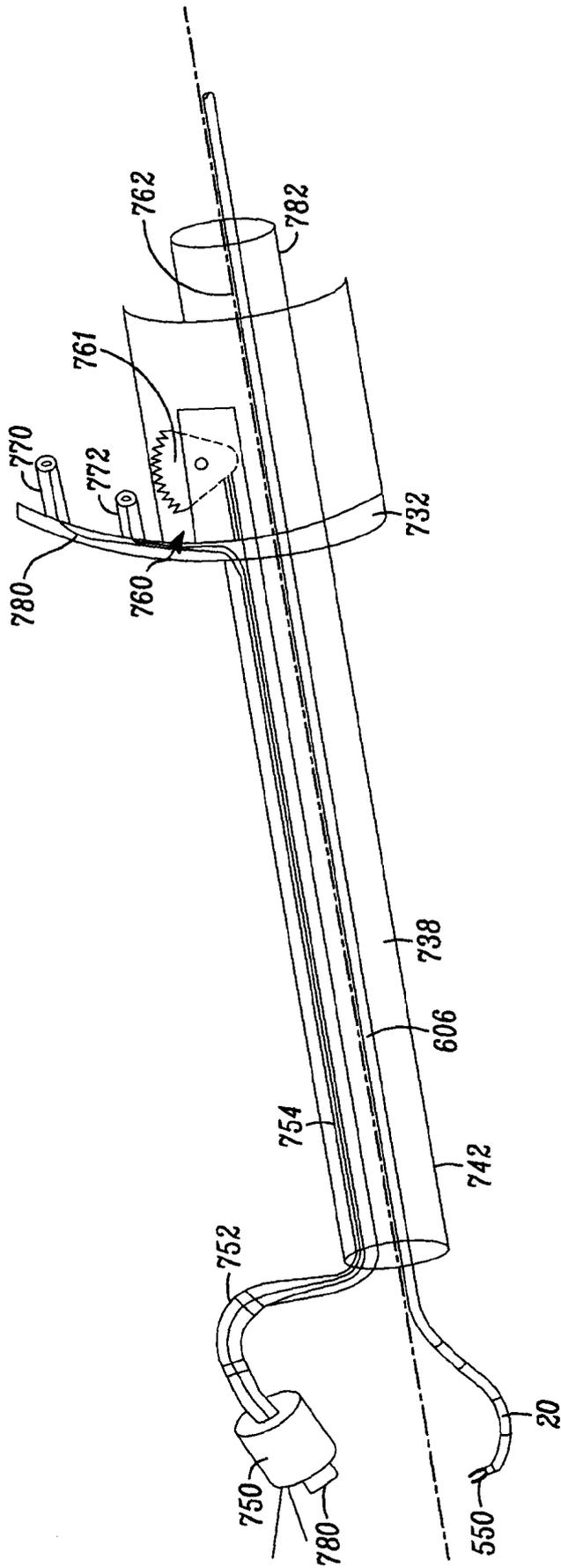


Figura 27

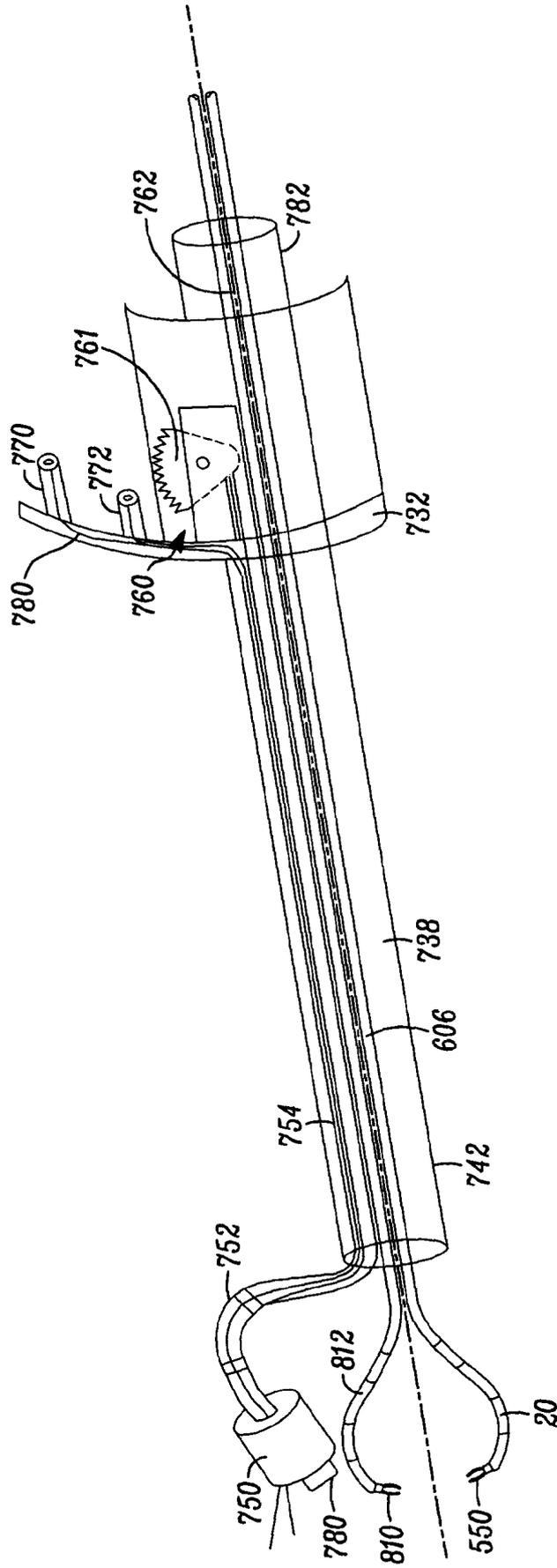


Figura 28

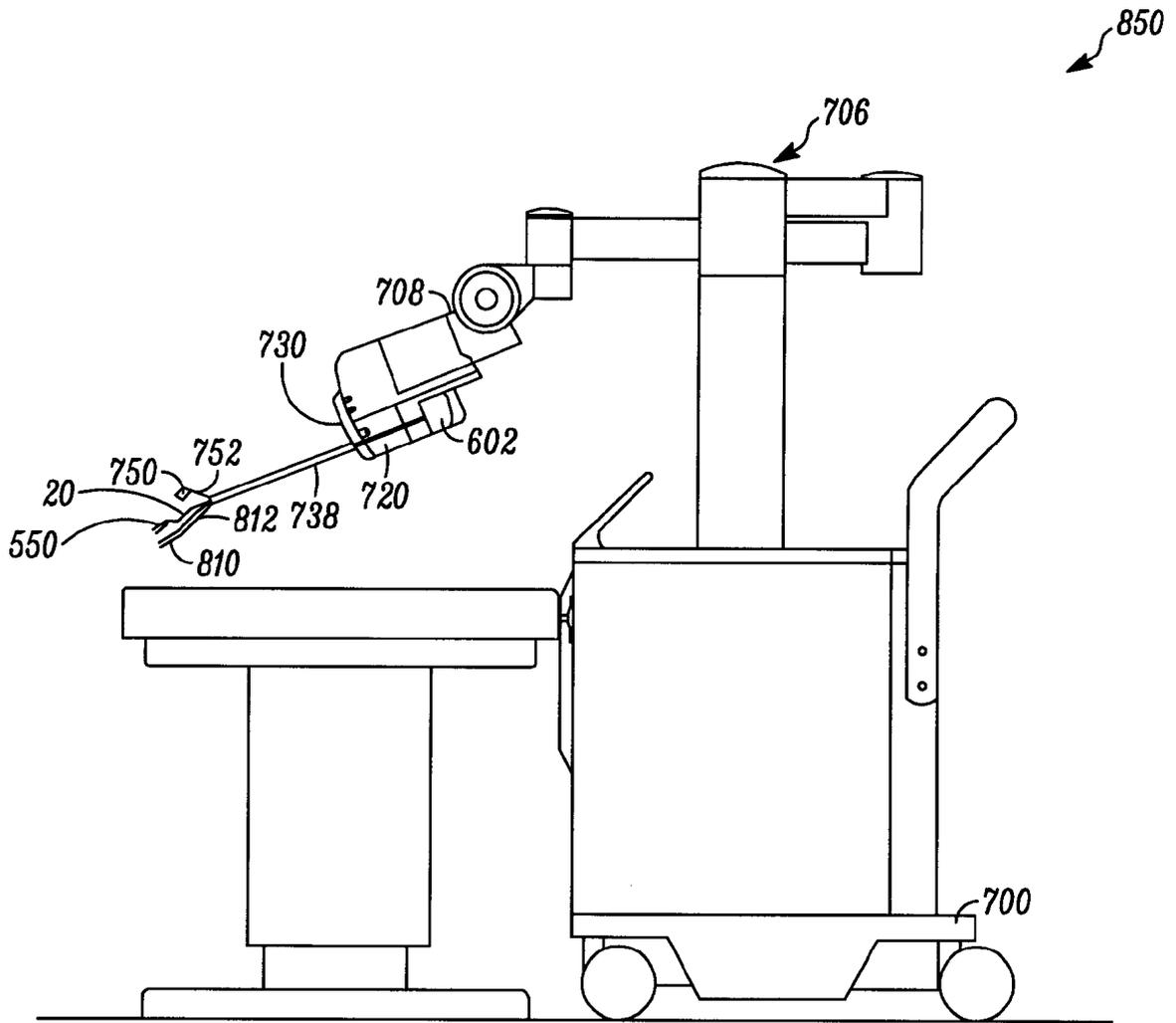


Figura 29

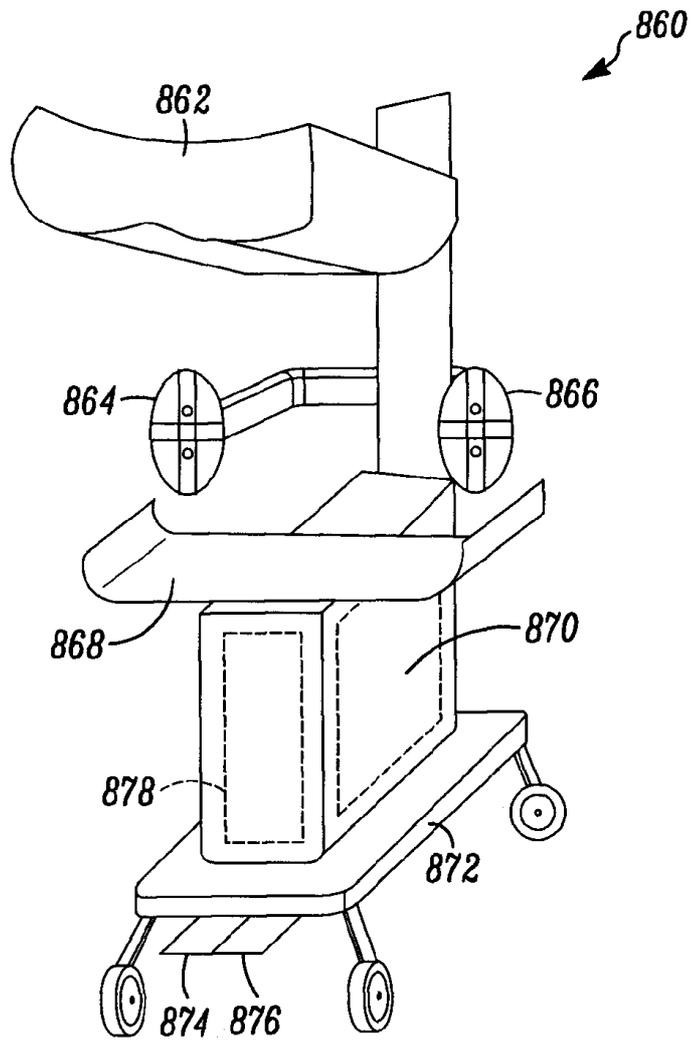


Figura 30

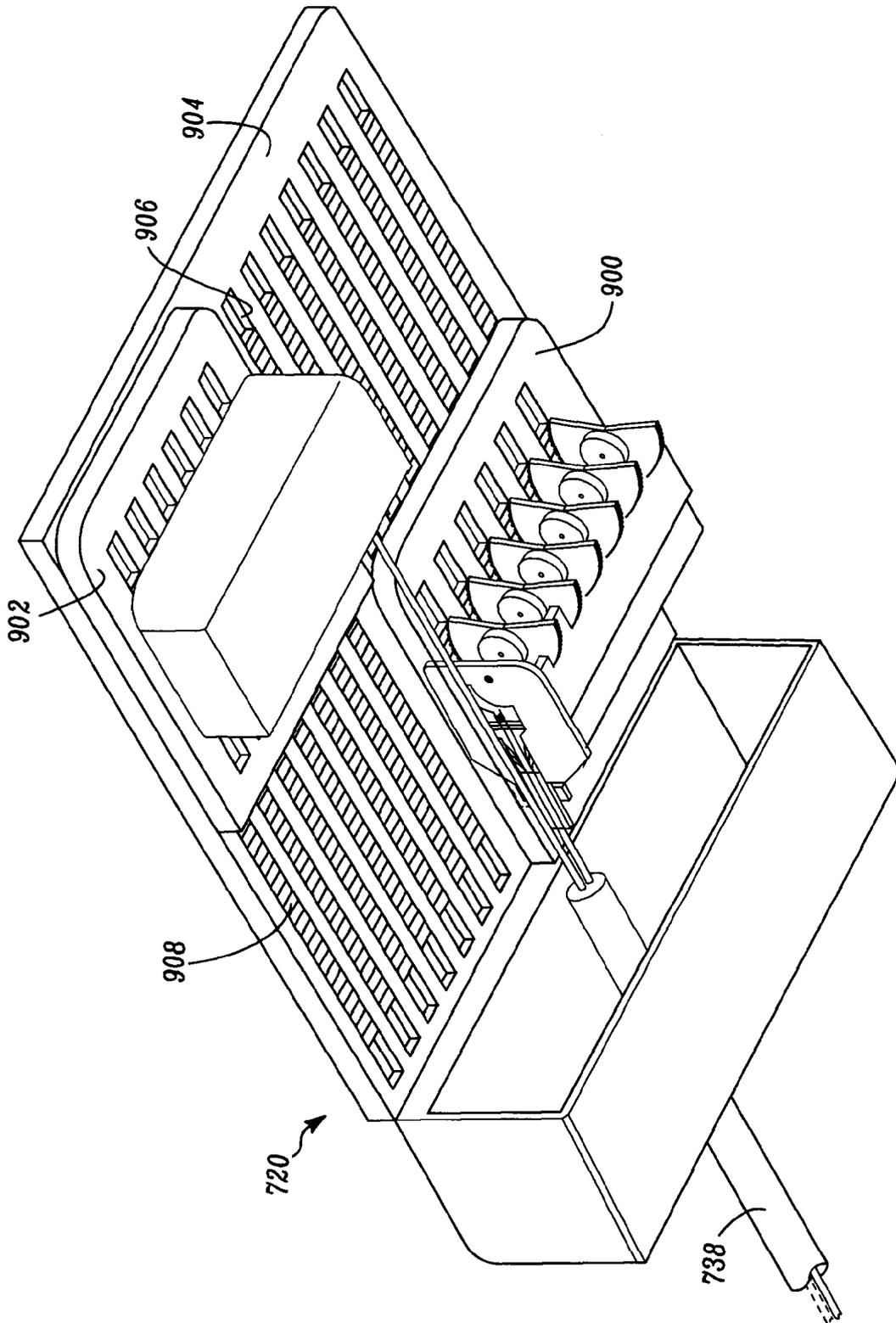


Figura 31

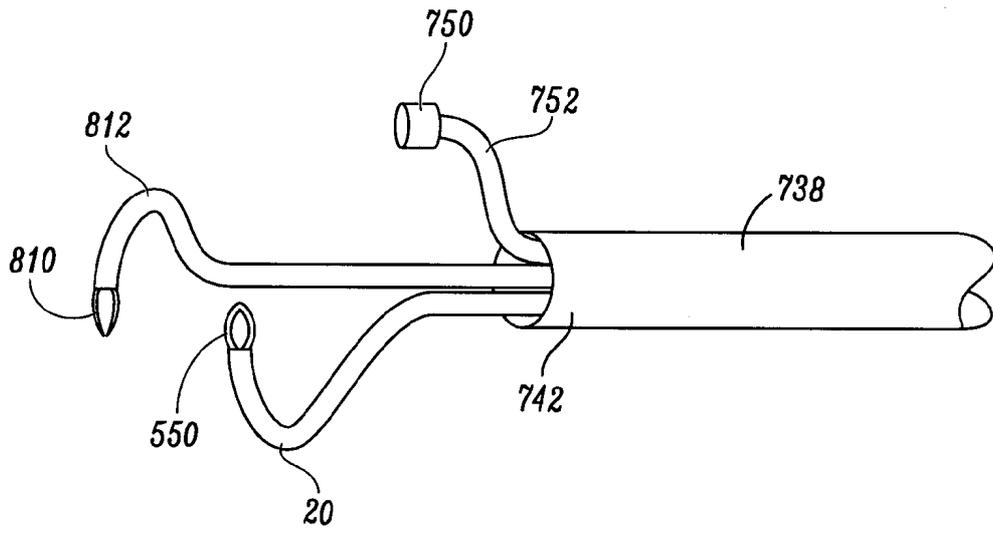


Figura 32