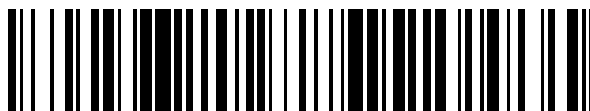


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 100**

51 Int. Cl.:

A61B 90/00 (2006.01)

A61B 1/05 (2006.01)

A61B 17/29 (2006.01)

A61B 34/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2013** **PCT/CA2013/001076**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2014** **WO14201538**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2013** **E 13887243 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017** **EP 2996613**

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

30 Prioridad:

19.06.2013 US 201361837112 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.10.2017

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:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 639 100 T3

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

DESCRIPCIÓN

Posicionador de herramienta articulado y sistema que emplea el mismo

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. CAMPO DE LA INVENCION

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

2. TÉCNICA RELACIONADA

15 Los sistemas quirúrgicos articulados para cirugía laparoscópica están ganando aceptación. Existen diversos sistemas que incluyen un sistema descrito en la Publicación estadounidense No. 2012/0253131 A1 publicada en octubre 4, 2012 otorgada a Malkowski et al.

20 Malkowski et al. describe un sistema quirúrgico que incluye uno o más brazos que definen un pasaje a su través. El brazo incluye una porción proximal configurada para posicionarse externamente al cuerpo de un paciente y una porción distal configurada para posicionarse dentro de una cavidad corporal interna. La porción distal incluye primeros y segundos segmentos articulables separados uno del otro y capaces de articulación independiente entre una configuración sustancialmente recta y una configuración articulada. Se acopla un primer ensamble de articulación a la porción proximal de un brazo y puede hacer transición entre un primer estado y un segundo estado para articular el primer segmento articulable entre sustancialmente la configuración recta y la configuración articulada. Se acopla un segundo ensamble de articulación a la porción proximal del brazo y se configura 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 los segmentos articulables de los ensambles de articulación son empujados por resortes dentro de una posición sustancialmente recta y los cables se tensionan y distensionan para tirar selectivamente de partes de los primeros y segundos ensambles de articulación de tal manera que se pierde la neutralidad de tensión entre los cables internos opuestos y esto mueve el brazo entre la pluralidad de posiciones.

35 La disposición descrita por Malkowski et al. puede ser complicada de ensamblar debido a los resortes en los enlaces y probablemente se requiera una manipulación cuidadosa por el operador que debe estar atento para contrarrestar el empuje ejercido por los resortes para evitar un enderezamiento no deseado de los segmentos articulares.

El documento WO 2012/078309 divulga un ensamble de introducción para una sonda articulada con un mecanismo de carga para controlar la sonda articulada.

40 El documento WO 2013/082310 divulga un dispositivo para guiar la posición de una herramienta quirúrgica desde una ubicación remota. El dispositivo incluye una manija, un eje alargado montado sobre la manija, y un ensamble de articulación alargado llevado en su extremo proximal hacia el eje y adaptado para recibir la herramienta quirúrgica en el extremo distal del ensamble. Un cable se conecta en forma operativa a la manija al ensamble de articulación, que puede ser controlado al girar una perilla en la manija.

45 El documento WO 2012/138834 divulga un sistema para realizar un procedimiento médico que incluye una sonda de articulación que incluye manguitos internos y externos.

50 El documento US 2004/199052 divulga un sistema de formación de imágenes endoscópico que incluye un gabinete de control reutilizable que tiene una serie de accionadores para controlar la orientación de un endoscopio liviano. Una unión de articulación polimérica en el extremo distal del endoscopio permite que el extremo distal sea orientado por el gabinete de control.

55 RESUMEN

El alcance de la invención se define mediante la reivindicación 1 independiente. Características opcionales de realizaciones se establecen en las reivindicaciones dependientes. La presente invención proporciona una herramienta articulada alternativa que posiciona el aparato que evita la necesidad de segmentos articulados que empujan resortes en una posición recta a través del uso de cables capaces de tensión y compresión que conectan los elementos de terminación entre enlaces de articulación, soportando por lo tanto de esta manera tirando y halando los cables y proporcionando un ensamble más simple.

65 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un aparato que posiciona una herramienta articulada. El aparato incluye un elemento base, un elemento intermedio, y un elemento, y un primer soporte de herramienta dispuesto en sucesión, cada uno del elemento base, elemento intermedio, elemento de extremo y soporte de herramienta tienen una abertura central respectiva. El aparato incluye adicionalmente una primera pluralidad de

- guías acopladas entre el elemento base y el elemento intermedio, en por lo menos uno de la pluralidad de guías acopladas que se acoplan al elemento base y por lo menos uno de la primera pluralidad de guías acopladas que se acopla al elemento intermedio. Cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas tiene una abertura central respectiva. El aparato incluye adicionalmente una segunda pluralidad de guías acopladas entre el elemento
- 5 intermedio y el elemento de extremo. Por lo menos una de la segunda pluralidad de guías acopladas se acopla al elemento intermedio y por lo menos una de la segunda pluralidad de guías acopladas se acopla al elemento de extremo. Cada guía acoplada de la segunda pluralidad de guías acopladas también tiene una abertura central respectiva. El aparato incluye adicionalmente una tercera pluralidad de guías acopladas entre el elemento de
- 10 extremo y el soporte de herramienta. Por lo menos una de la tercera pluralidad de guías acopladas se acopla al elemento de extremo y por lo menos una de la tercera pluralidad de guías acopladas se acopla al soporte de herramienta. Cada guía acoplada de la tercera pluralidad de guías acopladas también tiene una abertura central respectiva. El aparato incluye adicionalmente primeras aberturas guía en el elemento base y que corresponde a
- 15 primeras aberturas guía en cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas. Una primera pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en paralelo en relación separada se extienden a través de aberturas respectivas de las primeras aberturas guía en el elemento base y a través de aberturas respectivas de las correspondientes primeras aberturas guía en la primera pluralidad de guías acopladas. Cada una de la primera pluralidad de enlaces de control flexibles tiene respectivas primeras partes de extremo conectadas al elemento intermedio y respectivas segundas partes de extremo que se extienden lejos del elemento base.
- 20 El aparato incluye adicionalmente segundas aberturas guía en el elemento intermedio y que corresponden a las segundas aberturas guía en cada guía acoplada de la primera y segunda pluralidades de las guías acopladas. El aparato incluye adicionalmente una segunda pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en relación separada en paralelo, cada una tiene un primer extremo conectado al elemento de extremo, un segundo extremo conectado a por lo menos uno del elemento base y un objeto separado del elemento base. Cada uno de los
- 25 segundos enlaces de control flexibles incluyen una parte intermedia entre los primeros y segundos extremos. Cada parte intermedia se extiende a través de una segunda abertura guía en el elemento intermedio y a través de segundas aberturas guía respectivas en cada guía de la primera y segunda pluralidades de guías acopladas.
- 30 El aparato incluye adicionalmente terceras aberturas guía en el elemento de base y en cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas y en el elemento intermedio y en cada guía acoplada de la segunda pluralidad de guías acopladas y en el elemento de extremo y en cada guía acoplada de la tercera pluralidad de guías acopladas.
- 35 El aparato incluye adicionalmente una tercera pluralidad de enlaces de control flexibles dispuestos en relación separada en paralelo y que se extienden a través de terceras aberturas guía respectivas en el elemento base, en cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas a través de terceras aberturas guía respectivas, en el elemento intermedio a través de terceras aberturas guía respectivas, en cada guía acoplada de la segunda pluralidad de guías acopladas a través de terceras aberturas guía respectivas, en el elemento de extremo y a través de terceras aberturas guía respectivas en cada guía acoplada de la tercera pluralidad de guías acopladas. Cada
- 40 enlace de control flexible de la tercera pluralidad de enlaces de control flexibles tiene un primer extremo conectado al soporte de herramienta y un segundo extremo lejos del elemento de base.
- 45 Empujar o tirar los enlaces de control de la primera pluralidad de enlaces de control provoca que el elemento base, la primera pluralidad de guías acopladas, el elemento intermedio, la segunda pluralidad de guías acopladas y el elemento de extremo definan selectivamente una curva continua. La segunda pluralidad de enlaces de control provoca que el elemento de extremo mantenga una permanezca en una orientación general igual que el elemento base, cuando cualquiera del primero o tercero enlaces de control flexibles se tire o empuje. Empujar o tirar los enlaces de control de la tercera pluralidad de enlaces de control provoca que el soporte de herramienta se mueva selectivamente en cualquiera de una pluralidad de orientaciones, de tal manera que la tercera pluralidad de guías
- 50 acopladas entre el elemento de extremo y el soporte de herramienta define una curva continua del elemento de extremo hacia el soporte de herramienta.
- 55 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 deformación.
- Los cables se pueden componer de una aleación de metal de níquel y titanio que tiene memoria de forma y superelasticidad.
- 60 La segunda pluralidad de enlaces de control puede incluir cables que tienen rigidez común.
- Un elemento base, el elemento intermedio, el elemento de extremo, el primer soporte de herramienta y las guías acopladas de la primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas cada una pueden tener una parte de superficie externa cilíndrica generalmente circular, y cada parte de superficie externa cilíndrica generalmente circular
- 65 puede tener un diámetro común.

- El elemento base, el elemento intermedio, el elemento de extremo, el primer soporte de herramienta y las guías acopladas de la primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas cada una pueden tener segmentos generalmente anulares. Por lo menos un segmento anular del elemento base y por lo menos un segmento anular de cada guía acoplada de la primera pluralidad de guías acopladas puede tener primeras aberturas guía. Por lo menos un segmento anular de cada guía acoplada de la primera y segunda pluralidades de guías acopladas y por lo menos un segmento anular del elemento intermedio puede tener segundas aberturas guía y por lo menos un segmento anular de cada uno del elemento base, del elemento intermedio, del elemento de extremo, y cada guía acoplada de la primera, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas puede tener terceras aberturas guía.
- Cada uno de la pluralidad de segmentos anulares de las guías acopladas de la primera pluralidad de guías acopladas puede tener caras opuestas dispuestas en ángulos agudos a un eje de la abertura central en la guía acoplada.
- Cada uno de los segmentos anulares de la segunda pluralidad de guías acopladas puede tener caras opuestas dispuestas 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 caras opuestas dispuestas en ángulos agudos a un eje de la abertura central en la guía acoplada.
- Las caras opuestas de segmentos anulares de las guías acopladas de la primera y segunda pluralidades de guías acopladas se pueden disponer en un primer ángulo agudo hacia al eje y las caras opuestas de segmentos anulares de las guías acopladas de la tercera pluralidad de guías acopladas se puede disponer en el segundo ángulo agudo hacia el eje, el segundo ángulo agudo puede ser diferente del primer ángulo agudo.
- El segundo ángulo agudo puede ser mayor que el primer ángulo agudo.
- Pares adyacentes de guías acopladas de la primera, segunda y tercera pluralidades de las guías acopladas se pueden acoplar mediante por lo menos una proyección de una guía del par y un receptáculo para recibir una proyección en la otra guía del par.
- Cada una de las guías acopladas de las primeras, segunda y tercera pluralidades de guías acopladas puede tener una proyección que se extiende axialmente que tiene una parte esférica truncada y un zócalo alineado axialmente para recibir una proyección que se extiende axialmente de una guía acoplada adyacente para permitir guías acopladas adyacentes para que giren esféricamente con relación una a la otra. La abertura central de la guía acoplada puede tener un primer terminal en la proyección y un segundo terminal en el zócalo de tal manera que las aberturas centrales de las guías acopladas adyacentes están en comunicación entre sí con el fin de definir un canal central operable para recibir una parte de una herramienta sostenida por el soporte de herramienta.
- El aparato puede incluir adicionalmente un primer conducto de soporte que tiene primero y unos segundos extremos abiertos, y la base se puede conectar al primer extremo abierto del conducto de soporte para soportar la base y las segundas porciones de extremo del primero y terceros enlaces de control se pueden extender a través del primer conducto de soporte para extenderse fuera del segundo extremo abierto del primer conducto de soporte.
- De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un ensamble de herramienta que comprende el aparato descrito anteriormente y que incluye adicionalmente una primera herramienta. La primera herramienta puede incluir un primer efector de extremo, un primer acoplador para acoplar el primer efector de extremo al primer soporte de herramienta, la herramienta puede adicionalmente incluir una primera parte de eje flexible que tiene una longitud aproximadamente igual que una longitud definida entre el elemento base y el soporte de herramienta y una primera parte de eje rígido que tiene una longitud aproximadamente igual a una longitud del primer conducto de soporte. La herramienta puede incluir adicionalmente un primer enlace de control de herramienta que tiene un primer extremo conectado al primer efector de extremo y un segundo extremo que se extiende desde la primera parte de eje rígido.
- La primera parte de eje rígido puede ser recibida en la abertura central del primer soporte de herramienta y se puede extender a través de las aberturas centrales en la tercera pluralidad de guías acopladas a través de la abertura central en el elemento de extremo, a través de las aberturas centrales en la segunda pluralidad de guías acopladas a través de la abertura central en el elemento intermedio, las aberturas centrales en la primera pluralidad de guías acopladas, y a través de las aberturas centrales en el elemento base y el primer conducto de soporte de tal manera que la primera parte de eje flexible es coaxial con el aparato de posicionamiento de herramientas y de tal manera que la primera parte 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 parte de extremo del primer conducto de soporte.
- De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un ensamble de controlador de herramienta que incluye un ensamble de herramienta descrito anteriormente y que incluye adicionalmente un primer montaje de control. El primer conducto de soporte del aparato de posicionamiento de herramienta se puede conectar al primer montaje de control de tal manera que el primer montaje de control puede estar en un primer lado de un primer eje

- longitudinal del primer conducto de soporte. El primer montaje de control puede tener una primera pluralidad de accionadores conectados a enlaces de control flexibles respectivos de la primera y tercera pluralidades de enlaces de control flexibles del primer aparato de posicionamiento de herramienta, para tirar y empujar selectivamente sobre las segundas porciones de extremo de los enlaces de control flexibles respectivos para provocar que el elemento base, la primera pluralidad de guías acopladas, el elemento intermedio, la segunda pluralidad de guías acopladas y el elemento de extremo definan selectivamente una curva continua y provoquen hacer que el soporte de herramienta se mueva selectivamente dentro de cualquiera de una pluralidad de orientaciones, de tal manera que la tercera pluralidad de guías acopladas entre el elemento de extremo y el primer aparato de soporte de herramienta puedan definir una curva continua desde el elemento de extremo hasta el primer soporte de herramienta. El primer montaje de control puede incluir un primer accionador de herramienta conectado al primer enlace de control de herramienta de la primera herramienta, para empujar y tirar selectivamente sobre la segunda porción de extremo del primer enlace de control de herramienta para efectuar la operación del efector de extremo.
- Cada accionador de la primera pluralidad de accionadores y el primer accionador de herramienta pueden incluir una parte de bovina giratoria respectiva a la que se conecta un enlace de control respectivo para permitir que una parte del enlace de control respectivo sea tomado o desenrollar de la parte de bovina en respuesta a la rotación correspondiente de la parte de bovina, y un controlador respectivo para girar selectivamente la parte de bovina en una primera y segunda direcciones opuestas. El enlace de control respectivo puede ser tirado cuando la parte de bovina gira en la primera dirección para tomar la parte del enlace de control respectivo y el enlace de control respectivo puede ser empujado cuando la parte de bovina gira en la segunda dirección para desenrollar la parte del enlace de control respectivo.
- Cada controlador puede incluir un segmento de engranajes.
- El primer montaje de control puede tener una primera superficie de montaje y cada segmento de engranaje puede tener una parte que se proyecta más allá de la primera superficie de montaje para enganchar un engranaje de control correspondiente sobre un primer montaje de controlador de herramienta.
- De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un montaje de controlador de herramienta que incluye un primer ensamble controlador de herramienta como se describió anteriormente, que monta la interfaz para sostener un primer controlador de herramienta y puede incluir adicionalmente una primera pluralidad de engranajes de accionamiento para enganchar segmentos de engranaje respectivos sobre el primer ensamble controlador de herramienta.
- Los engranajes de accionamiento de la primera pluralidad de engranajes de accionamiento pueden incluir cremalleras lineales respectivas configuradas operablemente para deslizarse linealmente en paralelo en relación separada.
- El aparato puede incluir una primera pluralidad de actuadores lineales conectados a cremalleras lineales respectivas para deslizamiento lineal de las cremalleras lineales para impartir movimiento a engranajes correspondientes de la segunda pluralidad de engranajes de accionamiento.
- El aparato puede incluir una segunda interfaz de montaje de controlador de herramienta que comprende una segunda pluralidad de engranajes de accionamiento para enganchar respectivos segmentos de engranaje sobre 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 respectivas cremalleras lineales configuradas operablemente para deslizarse linealmente en paralelo en relación separada.
- El aparato puede incluir una segunda pluralidad de accionadores conectados a cremalleras lineales respectivas para deslizar linealmente cremalleras lineales para impartir movimiento a engranajes de accionamiento correspondientes de la segunda pluralidad de engranajes de accionamiento.
- De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un aparato de supervisión de herramienta que incluye un tubo de posicionamiento posicionado para recibir por lo menos un conducto de soporte de un ensamble controlador de herramienta como se describió anteriormente. El tubo de posicionamiento puede tener una longitud aproximadamente igual que o menor que la longitud del conducto de soporte de tal manera que un soporte de herramienta apoyado por el conducto de soporte se extiende desde un extremo distal del tubo de posicionamiento. El aparato de supervisión de herramienta incluye adicionalmente un soporte de cámara en una posición fuera de un eje del tubo de posicionamiento de tal manera que la cámara se puede dirigir hacia un efector de extremo de una herramienta sostenida por el soporte de herramienta para facilitar la monitorización visual del movimiento del efector de extremo.
- El soporte de cámara puede incluir un soporte de herramienta. El conducto de soporte del soporte de la cámara se puede extender dentro del tubo de posicionamiento y un posicionador de herramienta del soporte de cámara se

puede extender desde el extremo distal del tubo de posicionamiento y se puede configurar operablemente para retener y posicionar la cámara en una posición fuera del segundo eje. El segundo eje puede ser en general perpendicular al eje longitudinal del conducto de soporte.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En los dibujos que ilustran las realizaciones de la invención,

- 10 La figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato de posicionamiento de herramienta articulado de acuerdo con una primera realización de la invención.
- La figura 2 es una vista en perspectiva de un extremo distal de un elemento base del aparato mostrado en la figura 1;
- 15 La figura 3 es una vista de extremo distal del elemento base mostrado 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;
- 20 La figura 5 es una vista superior de la guía acoplada mostrada 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;
- 25 La figura 7 es una vista lateral de las guías acopladas de la figura 6 mostrada enganchada;
- 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;
- 30 La figura 9 es una vista en perspectiva de una cara proximal de un elemento intermedio del aparato mostrado en la figura 1;
- La figura 10 es una vista en perspectiva de una cara distal del elemento intermedio mostrado en la figura 9;
- 35 La figura 11 es una vista en perspectiva de un lado proximal de un elemento de extremo del aparato mostrado en la figura 1;
- La figura 12 es una vista en perspectiva de un lado distal del elemento lateral mostrado en la figura 11;
- 40 La figura 13 es una vista en perspectiva de un lado proximal del 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 mostrado en la figura 13;
- 45 La figura 15 es una vista lateral de un aparato de herramienta para uso con el posicionador de herramienta mostrado en la figura 1;
- La figura 16 es una vista en perspectiva de un ensamble de herramienta comprendido del aparato mostrado en la figura 1 con el aparato de herramienta mostrado en la figura 15 conectado a este;
- 50 La figura 17 es una vista en perspectiva de un controlador de herramienta mostrado conectado al ensamble de herramienta mostrado en la figura 16;
- La figura 18 es una vista en perspectiva de un aparato quirúrgico laparoscópico que emplea el dispositivo mostrado en la figura 17;
- 55 La figura 19 es una vista lateral de un cabezal del aparato mostrado en la figura 18 y un acoplador operable que se va a acoplar al cabezal;
- 60 La figura 20 es una vista lateral del cabezal y el acoplador de la figura 19 con el acoplador conectado al cabezal;
- 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;
- 65 La figura 22 es una vista lateral del cabezal y el acoplador de las figuras 19-21 y un ensamble de cámara/tubo de suministro operable para que se acople al acoplador;

La figura 23 es una vista detallada del ensamble de cámara/tubo de suministro mostrado en la figura 22;

La figura 24 es una vista lateral del ensamble de cámara/tubo de suministro mostrado en la figura 23 acoplado al acoplador mostrado en las figuras 19-22;

La figura 25 es una vista lateral del ensamble de cámara/tubo de suministro acoplado al acoplador y a un dispositivo de posicionamiento de herramienta del tipo mostrado en la figura 17 que se engancha junto con este;

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 mostrado en la figura 23;

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 través de este;

La figura 28 es una vista lateral del aparato de la figura 27 que incluye adicionalmente 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;

La figura 29 es una vista lateral de un aparato quirúrgico laparoscópico que emplea los aparatos descritos en las figuras 1-28; y

La figura 30 es una vista en perspectiva de una estación de trabajo de cirujano para controlar el aparato mostrado en la figura 29.

La figura 31 es una vista en perspectiva desde abajo de dos controladores de herramientas del tipo mostrado en la figura 17 sobre un acoplador de acuerdo con una realización alterna de la invención;

La figura 32 es una vista lateral fragmentada de primeros y segundos aparatos de posicionamiento de herramienta articulados que se extienden a diferentes distancias de un extremo de un tubo de suministro de un acoplador mostrado en la figura 31, cuando el primero y segundo controladores de herramienta en este se disponen en diferentes distancias lineales del tubo de suministro.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Con referencia a la figura 1, un aparato de posicionamiento de herramienta articulada de acuerdo con una primera realización de la invención se muestra en general en 20. En esta realización, el aparato 20 incluye un elemento 22 base, un elemento 24 intermedio, un elemento 26 de extremo y un primer soporte 28 de herramienta en sucesión como se muestra en la figura 1. El elemento 22 base se puede considerar que está en una posición proximal mientras que la herramienta soporte de se puede considerar que se encuentra en una posición distal. De esta manera, el elemento 22 base, el elemento 24 intermedio, el elemento 26 de extremo y un primer soporte 28 de herramienta se disponen en sucesión desde una posición proximal hasta una posición distal.

El aparato 20 incluye adicionalmente una primera pluralidad 30 de guías acopladas, dispuestas entre el elemento 22 base y el elemento 24 intermedio. Por lo menos uno (32) de la primera pluralidad 30 de las guías acopladas se acopla al elemento 22 base y el otro (34) de la primera pluralidad 30 de guías acopladas se acopla al elemento 24 intermedio. Cada una de las guías acopladas de la primera pluralidad 30 se acopla a una guía adyacente o al elemento 22 base o al elemento 24 intermedio.

El aparato 20 de posicionamiento de herramienta incluye adicionalmente una segunda pluralidad 36 de guías acopladas entre el elemento 24 intermedio y el elemento 26 de extremo. Por lo menos uno (38) de la segunda pluralidad 36 de las guías acopladas se acopla al elemento 24 intermedio y el otro (40) de la segunda pluralidad 36 de guías acopladas se acopla al elemento 26 de extremo. Cada una de las guías acopladas de la segunda pluralidad 36 de guías acopladas se conecta de esta manera a una guía adyacente de la segunda pluralidad o al elemento 24 intermedio al elemento 26 de extremo.

El aparato 20 incluye adicionalmente una tercera pluralidad 42 de guías acopladas entre el elemento 26 de extremo y el soporte 28 de herramienta. Por lo menos uno (44) de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas se acopla al elemento 26 de extremo y el otro (46) de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas se acopla al soporte 28 de herramienta. Cada una de las guías acopladas de la tercera pluralidad 42 se conecta de esta manera a una guía acoplada adyacente de la tercera pluralidad o al elemento 26 de extremo o al soporte 28 de herramienta.

Con referencia a la figura 2, el elemento 22 base tiene una parte 50 de primera superficie externa cilíndrica generalmente circular que tiene un primer diámetro y una segunda parte 52 de superficie cilíndrica generalmente circular coaxial que tiene un segundo diámetro más pequeño que el primer diámetro. La porción 52 de superficie

tiene el diámetro más pequeño que facilita la conexión a un conducto de soporte adyacente como se describirá adelante.

Con referencia de nuevo a la figura 1, el elemento 24 intermedio también tiene una parte 54 de superficie externa cilíndrica generalmente circular, el elemento 26 de extremo tiene una parte 56 de superficie externa similar y el soporte 28 de herramienta tiene una parte 58 de superficie externa similar todos tienen un diámetro igual que el diámetro de la primera parte 50 de superficie externa del elemento 22 base. Adicionalmente, cada guía acoplada de la primera, segunda, y tercera pluralidades 30, 36 y 42 de guías acopladas tiene una parte de superficie cilíndrica circular externa, de los que se muestran unos ejemplos en 60, 62 y 64 respectivamente. De esta manera, el aparato 20 de posicionamiento de herramienta tiene una pluralidad de componentes alineados generalmente coaxialmente, que tienen todas superficies externas del mismo diámetro común.

Con referencia a las figuras 2 y 3, el elemento 22 base tiene un cuerpo generalmente cilíndrico que tiene una cara 66 de extremo que se orienta distal que tiene una proyección 68 que se extiende axialmente con una parte 70 esférica truncada a través de la cual se forma la abertura 72 central. La abertura 72 central se extiende axialmente a través del elemento 22 base completo. La cara 66 de extremo que se orienta distal también tiene receptáculos 74 y 76 dispuestos diametralmente opuestos entre sí y que se extienden en la parte 50 de superficie externa para recibir proyecciones correspondientes sobre guías 32 acopladas mostradas en la figura 1.

Con referencia a las figuras 1 y 2, como se explicará adelante, la parte 70 esférica truncada y los receptáculos 74 y 76 sirven para acoplar el elemento 22 base a las guías 32 acopladas de la primera pluralidad 30 de guías acopladas.

De nuevo con referencia a las figuras 2 y 3, la cara 66 de extremo que se orienta distal tiene adicionalmente una primera pluralidad de aberturas guía 80, 82, 84, 86 a través de las cuales una primera pluralidad de enlaces 88, 90, 92, 94 de control flexibles se conectan al elemento 24 intermedio que se extiende a través del elemento 22 base.

En la realización mostrada, la cara 66 de extremo que se orienta distal también tiene una pluralidad de receptáculos 96, 98, 100 y 102 a los que se conectan los extremos de unos extremos respectivos de una segunda pluralidad de enlaces 104, 106, 108, 110 de control flexibles que se extienden entre el elemento 22 base y el elemento 26 de extremo. En una realización alterna, la pluralidad de receptáculos 96, 98, 100 y 102 pueden en cambio ser una pluralidad de aberturas que se extienden a través de un elemento 22 base, que permite que la segunda pluralidad de enlaces 104, 106, 108, 110 de control flexibles se extiendan a través y lejos del elemento 22 base. En esta realización alterna, los extremos de aquellos extremos respectivos de la segunda pluralidad de enlaces 104, 106, 108, 110 de control flexibles se conectan a un objeto fijo (no mostrado), separado del elemento 22 base. El objeto fijo puede ser un controlador de herramienta del tipo descrito en 602 en la figura 17, modificado en forma adecuada de tal manera que los extremos de los extremos respectivos de la segunda pluralidad de enlaces 104, 106, 108, 110 de control flexibles se conectan a la placa 612 base de la misma, por ejemplo.

La cara 66 de extremo que se orienta distal también tiene una tercera pluralidad de aberturas 112, 114, 116, 118 guía a través de la cual unos enlaces respectivos de una tercera pluralidad de enlaces 120, 122, 124, 126 de control flexibles se conectan al soporte 28 de herramienta que se extiende a través del elemento 22 base.

Cada enlace de la primera, segunda y tercera pluralidades de enlaces de control flexibles puede ser un único cable de nitinol capaz de soportar aproximadamente 200N en tensión o compresión sin deformación permanente y capaz de experimentar hasta aproximadamente 4% de deformación. El nitinol es una aleación de níquel y titanio que tiene memoria de forma y superelasticidad y su capacidad para soportar tensión y compresión permite que los enlaces se tiren o empujen selectivamente con fuerza similar sin deformación permanente, lo que proporciona control preciso de los enlaces de control flexibles, redundancia de actuación y aumento de rigidez estructural. De acuerdo con lo anterior, sólo se requieren dos enlaces de control flexibles en cada uno de la primera, segunda, y tercera pluralidad de enlaces de control flexibles para alcanzar un amplio rango de movimiento del soporte de herramienta con relación al elemento 22 base.

De nuevo con referencia a la figura 1, la primera pluralidad 30 de guías acopladas se configura para provocar que el aparato 20 de posicionamiento de herramienta tenga una sección flexible mientras que al mismo tiempo mantenga los primeros, segundos y terceros enlaces 88, 90, 92, 94, 104, 106, 108, 110, 120, 122, 124, 126 de control flexibles en una relación separada predefinida relativa entre sí. En general, los enlaces de control flexibles individuales en cada pluralidad de enlaces de control flexibles se separan angularmente en un círculo de tal manera que los enlaces de control flexibles de una pluralidad dada se separan de los otros tan lejos como sea posible. Esto reduce y equilibra las cargas de actuación, aumenta la rigidez de la sección flexible y reduce los efectos de holgura como la fuerza de dirección sobre los enlaces de control flexibles que se cambian en respuesta a empujar y tirar de los enlaces de control flexibles.

En la realización mostrada, la primera pluralidad 30 de guías acopladas incluye catorce guías acopladas. La guía 32 acoplada es una guía acoplada de ejemplo de la primera pluralidad 30 y se muestra en más detalle en la figura 4.

Con referencia a la figura 4, la guía 32 acoplada tiene un cuerpo que tiene lados 130 y 132 que se orientan distales y proximales y primeros y segundos segmentos 134 y 136 anulares.

El lado 130 que se orienta proximal tiene primeras y segundas proyecciones 138 y 140 dispuestas diametralmente opuestas entre sí, los segmentos 134 y 136 anulares se definen entre las proyecciones 138 y 140. Las proyecciones 138 y 140 tienen formas operables que se reciben en los receptáculos 74 y 76 sobre el elemento 22 base. Los segmentos 134 y 136 anulares tienen receptáculos 142 y 144 dispuestos diametralmente opuestos entre sí y dispuestos en posiciones angularmente desfasadas en 90 grados desde la primera y segunda proyecciones 138 y 140.

El lado 130 que se orienta proximal también tiene un zócalo 146 que tiene una forma complementaria a la forma esférica truncada de la proyección 68 sobre el elemento 22 base para recibir la proyección allí. La proyección 68 sobre el elemento 22 base y el zócalo 146 en la guía 32 acoplada permite a la guía acoplada girar pivote alrededor de la proyección 68 y dicho giro se restringe en una dirección vertical o de paso (por ejemplo, hacia arriba y hacia abajo en el plano del dibujo, figura 7) mediante las proyecciones 138 y 140 recibidas en los receptáculos 74 y 76 en la cara 66 de extremo que se orienta distal del elemento 22 base.

El zócalo 146 finaliza en una pared 148 cilíndrica dispuesta en una proyección 150 esférica truncada vista en la figura 5 que se extiende desde el lado 132 que se orienta distal. La pared 148 cilíndrica define una abertura 152 central en el cuerpo de la guía 32 acoplada.

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

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

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

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

De nuevo con referencia a la figura 4, la guía 32 acoplada también tiene superficies 202 y 204 de orientación proximal definidas entre los receptáculos 142 y 144 que forman un ángulo obtuso en un plano vertical que intersecta el eje 200 de la guía 32 acoplada. Esto se puede ver como una leve inclinación en la superficie 202 que se orienta proximal en la figura 5, que forma un ángulo de aproximadamente 6 grados con un segundo plano 199 perpendicular al eje 200 de la guía 32 acoplada y proporciona rotación de hasta 6 grados en la dirección de paso, con relación al elemento 22 base.

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

La guía 60 acoplada inmediatamente adyacente es diferente de la guía 32 acoplada porque tiene receptáculos 210 y 212 en donde las proyecciones 138 y 140 de la guía 32 acoplada se ubican y tiene proyecciones, sólo una de las cuales se muestra en 214, el que se ubican los receptáculos 142 y 144 de la guía 32 acoplada.

Adicionalmente, con referencia a la figura 7, la guía 60 acoplada inmediatamente adyacente tiene segmentos 216 y 218 anulares que se extienden entre los receptáculos 210 y 212 que tienen porciones 220 y 222 que tienen superficies 224 y 226 que se orientan distales que forman un ángulo obtuso en un plano vertical que intercepta el eje de la guía 60 acoplada adyacente inmediatamente distal y superficies que se orientan proximales solamente 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 intercepta el eje 230. Las superficies 224 y 226 que se orientan distales se

disponen en aproximadamente un ángulo de 6 grados con un primer plano 228 vertical que intercepta el eje 230 y perpendicular a este y las superficies que se orientan proximales, sólo una de los cuales se muestra en 227, se disponen en un ángulo aproximadamente de 6 grados con un segundo plano 229 vertical que intercepta el eje 230.

Aún con referencia a la figura 7, se puede observar que la guía 32 acoplada y la guía 60 acoplada adyacente inmediatamente distal se acoplan juntas para formar un par de guías acopladas al recibir la proyección 150 de la guía 32 acoplada en el zócalo (no mostrado) de la guía 60 acoplada adyacente inmediatamente distal y que recibe las proyecciones que se orientan proximales de la guía 60 acoplada adyacente inmediatamente distal, sólo una de las cuales se muestra en 214, en receptáculos correspondientes, de las que solo se muestra uno en 144 de la guía 32 acoplada. La proyección 150 y la disposición de zócalo proporcionan para giro en cualquier dirección y las proyecciones 214 que se orientan proximales recibidas en receptáculos 144 correspondientes evitan el movimiento de torsión alrededor del eje 230, de la guía 60 acoplada adyacente inmediatamente distal con relación a la guía 32 acoplada y limita el movimiento de rotación relativo que se muestra como una dirección horizontal o de guiñada, es decir, dentro y fuera del plano de la página. La superficie 227 en ángulo de la guía 60 acoplada adyacente inmediatamente distal se orienta en la superficie 196 en ángulo de la guía 32 acoplada y esta proporciona espacio para movimiento relativo que gira alrededor de la proyección 150 esférica truncada de hasta un total de 12 grados en la dirección de guiñada.

Del mismo modo, las superficies 224 y 226 que se orientan distal en ángulo sobre la guía 60 acoplada adyacente inmediatamente distal enfrentará las superficies 202 y 204 similares a las superficies que se orientan proximales sobre la siguiente guía 205 acoplada adyacente distal y esta proporcionará movimiento rotacional relativo entre la guía 60 acoplada inmediatamente adyacente y la siguiente guía 205 acoplada distalmente adyacente de hasta 12 grados en la dirección de paso. De esta manera, cada par de guías acopladas proporciona movimiento definido limitado en la dirección de guiñada y paso. Más generalmente, todas las guías acopladas numeradas impares pueden funcionar para girar en un plano vertical (dirección de paso) y todas las guías acopladas numeradas pares deben funcionar para girar en un plano horizontal (dirección de guiñada).

Con referencia de nuevo 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 curvas de paso y guiñada suficiente para definir un arco continuo que se extiende a través de hasta 90 grados. De esta manera, el elemento 24 intermedio se puede posicionar en una orientación en cualquier dirección con relación al eje del elemento 22 base hasta un ángulo de aproximadamente 90 grados fuera del eje del elemento base, tal como se muestra en la figura 8.

Con referencia a la figura 9, el elemento 24 intermedio tiene un cuerpo que tiene lados 250 y 252 que se orientan proximales y distales. El lado 250 que se orienta proximal tiene primeros y segundos segmentos 254 y 256 anulares dispuestos entre la primera y segunda proyección 258 y 260 que se proyectan proximalmente hacia la primera pluralidad 30 de guías acopladas. Estas proyecciones 258 y 260 son recibidas en receptáculos similares a aquellos mostrados en 210 y 212 en la figura 6 en la guía 34 acoplada inmediatamente adyacente 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 250 que se orienta proximal tiene un zócalo 262 que termina en una pared 264 anular que define una abertura 266 central a través del cuerpo. Una proyección similar a la proyección 207 como la mostrada en la figura 6 de la guía 32 acoplada inmediatamente adyacente de la primera pluralidad de guía 30 acoplada puede funcionar para que sea recibida en el zócalo 262 y las proyecciones 258 y 260 son recibidas en receptáculos similares a aquellos mostrados en 210 y 212 en la figura 6 de la guía 34 acoplada inmediatamente adyacente. Esto permite que la guía 34 acoplada inmediatamente adyacente gire alrededor de la proyección 207 en una dirección de paso.

El elemento 24 intermedio incluye, adicionalmente, primeros, segundos, terceros y cuartos receptáculos 270, 272, 274 y 276 dispuestos en ubicaciones alineados con el primer grupo de aberturas 160, 162, 164 y 166 guía, respectivamente, en la guía 34 acoplada inmediatamente adyacente para recibir y retener los extremos de la primera pluralidad de enlaces 88, 90, 92 y 94 de control flexible respectivamente, que se extiende a través del primer grupo de aberturas 160, 162, 164 y 166 guía, de la guía 34 acoplada inmediatamente adyacente.

El lado 250 que se orienta proximal incluye adicionalmente una segunda pluralidad de aberturas 280, 282, 284 y 288 que se extienden completamente a través del elemento 24 intermedio para guiar la segunda pluralidad de enlaces 104, 106, 108 y 110 de control flexible a través de estos. Adicionalmente, el lado 250 que se orienta proximal incluye una tercera pluralidad de aberturas 290, 292, 294 y 296 guía que se extienden a través del elemento 24 intermedio completo para guiar la tercera pluralidad de enlaces 120, 122, 124, y 126 de control flexible a través de estos.

Con referencia a la figura 10, los elementos 24 intermedios incluyen adicionalmente una proyección 300 que se proyecta desde el lado 252 que se orienta distal y tiene primeros y segundos receptáculos 302 y 304 diametralmente opuestos y dispuestos en la porción 54 de superficie externa y que terminan en la cara 306 de extremo del lado 252 que se orienta distal. Con referencia de nuevo a la figura 1, los receptáculos 302 y 304 reciben proyecciones correspondientes en la guía 38 acoplada inmediatamente adyacente de la segunda pluralidad 36 de guías acopladas. La segunda pluralidad 36 de guías acopladas es igual que la primera pluralidad de guías acopladas, descritas anteriormente, en relación con las figuras 4 a 7.

Con referencia a la figura 11, el elemento 26 de extremo tiene un cuerpo que tiene lados 350 y 352 que se orientan distal y proximal. El lado 350 que se orienta proximal tiene primeros y segundos segmentos 354 y 356 anulares dispuesto entre las primeras y segundas proyecciones 358 y 360 que se proyectan proximalmente hacia la segunda pluralidad 36 de las guías acopladas. Estas proyecciones 358 y 360 son recibidas en receptáculos similares aquellos mostrados en 210 y 212 en la figura 6 en la guía 40 acoplada inmediatamente adyacente a la segunda pluralidad de guías 36 acopladas como se ve en la figura 1.

Con referencia de nuevo a la figura 11, el lado 350 que se orienta proximal tiene un zócalo 362 que termina en una pared 364 anular que define una abertura 366 central a través del cuerpo. Una proyección similar a la mostrada en 207 en la figura 6 de la guía 40 acoplada adyacente de la segunda pluralidad de guías 36 acopladas puede operar para ser recibida en el zócalo 362 y las proyecciones 358 y 360 son recibidas en receptáculos similares a aquellos mostrados en 210 y 212 en la figura 6 de la guía 40 acoplada inmediatamente adyacente. Esto permite que la guía 40 acoplada inmediatamente adyacente gire alrededor de la proyección (207) en una dirección de paso.

El elemento 26 de extremo incluye, adicionalmente, primeros, segundos, terceros y cuartos receptáculos 370, 372, 374 y 376 dispuestos en ubicaciones alineadas con el segundo grupo de aberturas 168, 170, 172 y 174 guía, respectivamente, en la guía 40 acoplada adyacente para recibir y contener los extremos de la segunda pluralidad de enlaces 104, 106, 108 y 110 de control flexibles respectivamente, que se extiende a través de la segunda guía abertura 168, 170, 172 y 174 guía, de la guía 40 acoplada inmediatamente adyacente.

El lado 350 que se orienta proximal incluye adicionalmente una tercera pluralidad de aberturas 380, 382, 384 y 386 que se extienden completamente a través del elemento 26 de extremo para guiar la tercera pluralidad de enlaces 120, 122, 124 y 126 de control flexible a través de estos.

Con referencia a la figura 12, el elemento 26 de extremo incluye adicionalmente una proyección 400 que se proyecta desde el lado 352 que se orienta distal y tiene primeros y segundos receptáculos 402 y 404 dispuesto en la parte 56 de superficie externa y que terminan en una cara 406 extremo anular plana del lado 352 que se orienta distal. Con referencia de nuevo a la figura 1, los receptáculos 402 y 404 reciben proyecciones correspondientes en la guía 44 acoplada inmediatamente adyacente de la tercera pluralidad 42 de guías acopladas.

La tercera pluralidad 42 de guías acopladas incluye guías acopladas a la misma como aquellas mostradas en las figuras 4 a 7 con la excepción que las superficies 194 y 196 se extienden simétricamente en aproximadamente un ángulo 8,5 grados con el primer plano 198 perpendicular al eje de la guía acoplada y en las superficies 202 y 204 que se orientan proximales forman ángulos de aproximadamente 8,5 grados con el segundo plano 199 perpendicular al eje de la guía acoplada. Con los ángulos de las superficies indicadas en la tercera pluralidad de guías acopladas que es ligeramente mayor que los ángulos de la primera y segunda pluralidad de guías acopladas, la tercera pluralidad de guías acopladas puede incluir menores elementos tal como se muestra en esta realización en el que sólo existen aproximadamente 10 guías acopladas y permiten que la porción se extiende desde el elemento 26 de extremo que se va a curvar en un radio más apretado que las guías acopladas de la primera y segunda pluralidades 30 y 36 que se pueden curvar como se muestra en la figura 8.

Con referencia a las figuras 13 y 14, el soporte 28 de herramienta tiene un cuerpo que tiene lados 450 y 452 que se orientan distales y proximales. El lado 450 que se orienta proximal tiene primeros y segundos segmentos 454 y 456 anulares dispuestos ente la primera y segundas proyecciones 458 y 460 que se proyectan proximalmente hacia la tercera pluralidad 42 de las guías acopladas. Estas proyecciones 458 y 460 son recibidas en receptáculos similares a aquellos mostrados en 210 y 212 en la figura 6 en la guía 46 acoplada inmediatamente adyacente de la tercera pluralidad 42 de las guías acopladas como se ve en la figura 1. Con referencia de nuevo a la figura 13, el lado 450 que se orienta proximal tiene un zócalo 462 que termina en una pared 464 anular que define un agujero 466 central a través del cuerpo. Una proyección similar a aquella mostrada en 207 en la figura 6 de la guía 46 acoplada adyacente de la tercera pluralidad de guías 42 acopladas puede funcionar para ser recibida en el zócalo 462 y las proyecciones 458 y 460 son recibidas en receptáculos similares a aquellos mostrados en 210 y 212 en la figura 6 de la guía 46 acoplada inmediatamente adyacente. Esto permite que la guía 46 acoplado inmediatamente adyacente 46 gire alrededor de la proyección 207 en una dirección de paso.

El soporte 28 de herramienta incluye, adicionalmente, primeros, segundos, terceros y cuartos receptáculos 470, 472, 474 y 476 dispuestos en ubicaciones alineadas con el tercer grupo de aberturas 176, 178, 180 y 182 guía, respectivamente, en la guía 46 acoplada adyacente para recibir los extremos de soporte de la tercera pluralidad de enlaces 120, 122, 124 y 126 de control flexible respectivamente, que se extiende a través del segundo grupo de aberturas 176, 178, 180 y 182 guía, de la guía de aberturas de la guía 46 acoplada inmediatamente adyacente.

Con referencia a la figura 14, el soporte 28 de herramienta tiene una cara 500 de extremo anular plana sobre el lado 452 que se orienta distal y el agujero 466 coincide con la cara 500 del extremo anular. Las aberturas 502 y 504 alineadas, se alinean en una cuerda que se extiende a través de la pared 464 y pueden funcionar para recibir un sujetador roscado, por ejemplo, para asegurar una herramienta en el soporte 28 de herramienta, de tal manera que la herramienta puede girar axialmente en el soporte de herramienta.

Con referencia a la figura 15, una herramienta de ejemplo para uso en el soporte de herramienta mostrado en las figuras 13 y 14 se muestra en general en 550. En la realización mostrada, la herramienta 550 incluye un efector 552 de extremo, que, en la realización mostrada incluye una abrazadera que tiene mordazas 554 y 556 opuestas fijas y giratorias que se extiende desde la base 558. Otras disposiciones de herramientas se pueden utilizar

alternativamente. Por ejemplo, la herramienta puede alternatively ser un dispositivo de cauterización, un dispositivo de succión, un dispositivo de retracción o un dispositivo de agarre. En la realización mostrada se conecta un enlace 560 de control de la herramienta flexible a la mordaza 556 giratoria y se extiende a través de una abertura axial en la base 558 para abrir y cerrar la mordaza 554 giratoria sobre la mordaza 556 fija en respuesta al movimiento lineal del enlace 560 de control flexible.

La herramienta 550 incluye adicionalmente un acoplador comprendido de primeros y segundos cilindros 562 y 564 separados conectados rígidamente a la base 558 y que tienen superficies 563 y 565 cilíndricas externas ligeramente más pequeños que aquellos de un diámetro de agujero 466 en el soporte 28 de herramienta de tal manera que la herramienta 550 pueda ser sostenida cómodamente en el soporte 28 de herramienta. Un conducto 566 flexible tiene una longitud aproximadamente igual de una distancia entre el soporte 28 de herramienta y los elementos base 22 tienen un primer extremo 568 conectado al cilindro 564 y un segundo extremo 570 conectado a un primer extremo 572 de un conducto 574 rígido mediante un conector 576 de engaste. El enlace 560 de control de herramienta flexible se extiende a través de los cilindros 562 y 564, a través del conducto 566 flexible y a través del conducto 574 rígido y tiene un segundo extremo 578 que se extiende hacia fuera desde un extremo 580 proximal del conducto 574 rígido. De acuerdo con lo anterior, el movimiento lineal del segundo extremo 578 del enlace 560 de control de herramienta flexible relativo al extremo 580 proximal del conducto 574 rígido abre y cierra la mordaza 556 giratoria.

Con referencia a las figuras 15 y 16, la herramienta 550 es mostrada en detalle en el soporte 28 de herramienta con lo cual solamente la base 558 y las mordazas 554 y 556 se proyectan distalmente desde el soporte de herramienta y el conducto 566 flexible se extiende a través de las aberturas 152 centrales en el tercera pluralidad de guías 42 acopladas, la abertura 266 central en el elemento 26 de extremo, las aberturas 152 centrales en la segunda pluralidad de guías 36 acopladas, la abertura 266 central en el elemento 24 intermedio, y las aberturas (152) centrales en la primera pluralidad 30 de las guías acopladas. El conector 576 de engaste se ubica en la abertura 72 central en el elemento 22 base y tiene aproximadamente la misma longitud que el elemento base y el conducto 574 rígido se extiende hacia fuera desde el elemento base en una dirección proximal. La herramienta 550 se instala en el soporte de herramienta formando así un ensamble 600 de herramienta comprendido de la herramienta 550 y el aparato 20 de posicionamiento de herramienta.

Con referencia a la figura 17, el ensamble 600 de herramienta se conecta a un controlador 602 de herramienta que comprende un segundo conducto 604 rígido que tiene un primer extremo 606 conectado rígidamente a la parte 52 de superficie externa del diámetro reducido del elemento 22 base que tiene un segundo extremo 608 conectado a un mecanismo 610 de accionamiento. El mecanismo 610 de accionamiento incluye una placa 612 base que tiene un conducto de acoplamiento 614 para conectar rígidamente el segundo conducto 604 rígido a la placa 612 base. Adicionalmente, el mecanismo de accionamiento incluye un acoplamiento 616 rotacional conectado al extremo 580 proximal del conducto 574 rígido con lo cual la rotación del acoplamiento 616 rotacional provoca un movimiento rotacional correspondiente del conducto 574 rígido alrededor de su eje. Un enlace 618 de control flexible rotacional se conecta al acoplamiento 616 rotacional y se dirige a una bobina giratoria 620 que se conecta a un segmento 622 de engranajes de tal manera que cuando el segmento de engranajes gira el conducto 574 rígido una cantidad correspondiente. Dicha rotación del conducto 574 rígido gira la herramienta 550 en una cantidad correspondiente.

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

Dos de los tres enlaces de control flexible en un plano horizontal en el soporte 28 de herramienta, tal como los enlaces 120 y 126 o los enlaces 122 y 124 se enrollan en direcciones opuestas sobre una bobina 630 de control de herramienta horizontal conectada a un engranaje 632 de control de herramienta horizontal, de tal manera que la rotación del engranaje 632 de control de herramienta horizontal en una primera dirección tira, es decir, un primer enlace 120 o 122 lateral izquierdo mientras empuja en un enlace 126 o 124 lateral derecho correspondiente y la rotación del engranaje 632 de control de herramienta horizontal en una segunda dirección opuesta a la primera dirección empuja en el enlace 120 o 122 del lado izquierdo mientras empuja el enlace 126 o 124 del lado derecho correspondiente. Esto tiene el efecto de mover el soporte 28 de herramienta hacia la izquierda o la derecha.

Dos de los terceros enlaces de control flexible en un plano vertical del soporte 28 de la herramienta, tal como los enlaces 120 y 122 o los enlaces 124 y 126, de los que dependen estos enlaces no se conectan ya a la bobina 630 de control de herramienta horizontal, se enrollan en direcciones opuestas sobre una bobina 634 de control de

herramienta vertical conectada a un engranaje 636 de control de herramienta vertical, de manera que la rotación del engranaje 636 de control de herramientas vertical en una primera dirección tira, es decir, un enlace 120 o 126 superior, mientras empuja un enlace 122 o 124 inferior correspondiente y la rotación del engranaje 636 de control vertical en una segunda dirección opuesta a la primera dirección empuja en el enlace 120 o 122 superior mientras tira el enlace 122 o 124 inferior correspondiente. Esto tiene el efecto de mover el soporte 28 de herramienta hacia arriba o hacia abajo.

Dos de los primeros enlaces de control flexibles en un plano horizontal en el elemento 24 intermedio, tal como los enlaces 88 y 94 o enlaces 90 y 92 se enrollan en direcciones opuestas sobre una bobina 638 de control de curvas conectada al engranaje 640 de curvas horizontal, de tal manera que la rotación del engranaje 640 de control de curvas horizontal en una primera dirección tira, es decir, un enlace 88 o 90 lateral izquierdo mientras se empuja en un enlace 92 o 94 lateral derecho correspondiente y la rotación del engranaje 640 de control de curvas horizontal en una segunda dirección opuesta a la primera dirección empuja en el enlace de 88 o 90 lateral izquierdo mientras tira el enlace 92 o 94 lateral derecho correspondiente. Esto tiene el efecto de mover el elemento 24 intermedio hacia la izquierda o derecha.

Dos de los primeros enlaces de control flexibles en un plano vertical en el elemento 24 intermedio, tal como los enlaces 88 y 90 o enlaces 92 y 94, de los que dependen estos enlaces ya no se conectan a la bobina 638 de control de curvas horizontal, se enrollan en direcciones opuestas sobre una bobina 642 de control de curvas vertical conectada a un engranaje 644 de control de curvas vertical, de manera que la rotación del engranaje 644 control de curvas vertical en una primera dirección tira, es decir, un enlace 88 o 94 superior mientras empuja en un enlace 90 o 92 inferior correspondiente y la rotación del engranaje 644 de control de curvas vertical en una segunda dirección opuesta a la primera dirección empuja el enlace 88 o 94 superior mientras que tira el enlace 90 o 92 inferior correspondiente. Esto tiene el efecto de mover el elemento 24 intermedio hacia arriba o hacia abajo.

Aunque las bobinas 626, 620, 630, 634, 638 y 642, y los segmentos 628, 622, 632, 636, 640 y 644 de engranaje correspondientes se disponen en un orden particular como se describe en la figura 17, el orden no es importante. De esta manera, por ejemplo, la bobina 626 y el segmento 628 de engranaje correspondiente se puede disponer de tal manera que se posicionan entre la bobina 620 y el segmento 622 de engranaje correspondiente, y la bobina 630 y el segmento 632 engranaje correspondiente.

Los segundos enlaces 104, 106, 108 y 110 de control flexibles, se conectan entre el elemento 22 base y el elemento 26 de extremo, actúan como un tipo de paralelogramo en dos dimensiones, tendiendo a conservar el elemento 26 de extremo en la misma orientación que el elemento 22 base. La primera pluralidad de enlaces 88, 90, 92 y 94 de control flexibles mueven el elemento 24 intermedio pero el efecto paralelogramo de la segunda pluralidad de enlaces de control tiende a conservar el elemento 26 de extremo en la misma orientación que el elemento 22 base. Del mismo modo, la tercera pluralidad de enlaces 120, 122, 124 y 126 de control mueven el soporte 28 de herramienta, pero de nuevo el elemento 26 de extremo se mantiene bajo las restricciones del paralelogramo formadas por la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles y mantiene la misma orientación que el elemento 22 base.

Aunque la segunda pluralidad de enlaces 104, 106, 108 y 110 de control flexibles se han mostrado por estar conectas entre el elemento 22 base y el elemento 26 de extremo, sólo es necesario que los extremos proximales de la segunda pluralidad de enlaces de control flexibles estén fijos a algún punto de referencia. De esta manera, por ejemplo, necesitan no estar conectados al elemento 22 base, pero alternativamente se pueden conectar a algunas otras estructuras fijas ubicadas en la dirección proximal lejos del elemento 22 base.

Por lo tanto, al girar los segmentos 622, 628, 632, 636, 640 y 644 de engranaje giratorio, el efector de extremo se puede mover con 5 grados de libertad y las mordazas se pueden abrir y cerrar. Como se describió adelante se puede utilizar un mecanismo de accionamiento de engranaje adecuado para activar los segmentos 622, 628, 632, 636, 640 y 644 de engranaje para manipular el efector 550 de extremo en espacio para realizar una operación. Dicha operación puede ser una operación médica, por ejemplo.

Por ejemplo, el aparato descrito aquí se puede utilizar en la realización de cirugía laparoscópica tal como se muestra en la figura 18. Para hacer esto, se proporciona una plataforma 700 móvil sobre la que se asegura un gabinete 702 que contiene un ordenador 704 ya sea conectado por cable o inalámbricamente a una red de ordenadores tal como una red Ethernet. Un mecanismo de posicionamiento bruto mostrado en general en 706 se conecta al gabinete 702 y tiene un cabezal 708 al que el controlador 602 de herramienta mostrado en la figura 17 se asegura finalmente. El mecanismo de posicionamiento 706 y la plataforma 700 móvil permiten que el cabezal 708 sea posicionado en una ubicación de un espacio tal que el aparato 20 de posicionamiento de herramienta se puede colocar dentro del cuerpo del paciente en una posición que permite se realice la cirugía laparoscópica deseada.

Con referencia a la figura 19, para facilitar la conexión del controlador (602) de herramienta al cabezal 708, mientras mantiene un ambiente estéril, el cabezal está provisto con una primera parte 712 de un conector mecánico y primeras y segundas pluralidades de segmentos de engranaje de accionamiento coaxial separador, solamente un segmento de engranaje de cada pluralidad se muestra en 710 y 711 en la figura 19. Como se describirá adelante, 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 (602) de herramienta. En esta realización, los motores separados respectivos, de los cuales sólo se muestran dos en 714 y 715 se proporcionan para accionar independiente cada engranaje de accionamiento en una dirección, a una velocidad y durante un tiempo sensible para controlar señales recibidas del ordenador 704 mostrado en la figura 18.

El ordenador 704 puede recibir comandos de la red para controlar los motores y ordenador separado (mostrado en la figura 30) conectado a un dispositivo de entrada controlado por un cirujano que realiza la cirugía que puede generar los comandos y transmitirlos en red en respuesta a los movimientos de la mano, dedo y brazo, por ejemplo, de realización de cirugía por parte de un cirujano. El cirujano que realiza la cirugía puede estar ubicado en una sala de cirugía cerca al paciente o puede estar ubicado en cualquier sitio remoto en el mundo.

Un acoplador 720 comprende una carcasa 722 y que tiene una segunda parte 724 de conector del conector mecánico que tiene una cubierta 726 plástica conectada alrededor del perímetro de la carcasa 722 justo por debajo de la segunda parte 724 de conector del conector mecánico. Antes que la segunda parte 724 del conector mecánico se conecte a la primera parte 712 de conector, la cubierta 726 plástica se dispone para cubrirse hacia abajo de tal manera que una porción 728 de extremo abierta de la cubierta 726 plástico se orienta hacia abajo. El acoplador 720 se mueve luego en el lugar de tal manera que la segunda parte 724 de conector se acopla con la primera parte 712 de conector como se muestra en la figura 20. Luego, con referencia a la figura 21, la cubierta 726 plástica se levanta sobre el cabezal 708 y sobre una parte del brazo 706 de posicionamiento bruto, dejando sólo la parte del acoplador 720 por debajo de la línea del perímetro en la que se une la cubierta 726 plástica a la carcasa 722, expuesta al paciente.

Con referencia a la figura 22, el acoplador 720 sirve para acoplar un ensamble 730 de cámara/tubo de suministro al cabezal 708 y sirve adicionalmente para conectar uno o más controladores de herramientas del tipo mostrado en 602 en la figura 17 al cabezal 708.

El ensamble de cámara/tubo de suministro comprende una base 732 que tiene una porción 734 de conector que se acopla con una parte 736 de conector correspondiente en el acoplador 720. Un tubo 738 de suministro plástico transparente de aproximadamente 1 pulgada de diámetro (2.5 cm), aproximadamente 20 pulgadas (51 cm) de largo y tienen un espesor de pared de aproximadamente 0.035 pulgadas (0.1 cm) tiene una porción 740 de extremo proximal conectado a la base 732 y tiene una segunda parte 742 de extremo distal. Un ensamble 748 de cámara comprende una cámara 750 y un posicionador 752 de cámara que se ubican en el extremo distal del tubo de suministro y un tubo 754 de soporte de posicionador de cámara rígido se extiende desde el posicionador 752 de cámara hasta el tubo 738 de suministro desde la segunda parte 742 de extremo distal del tubo 738 de suministro y se conecta rigidamente a la base 732.

Con referencia a la figura 23 el posicionador 752 de cámara puede ser igual que el posicionador 20 de herramienta y acoplado a un controlador 760 de cámara igual que el controlador de herramienta mostrado en 602 en la figura 17 para permitir que la cámara 750 se posicione en o fuera del eje 762 del tubo 738 de suministro. La cámara 750 no necesita tener el mismo rango de movimiento que el posicionador 20 de herramienta descrito anteriormente y por lo tanto se pueden utilizar enlaces de control menos flexibles en el posicionador 752 de cámara. Por ejemplo, solamente se pueden requerir dos de los primeros enlaces de control flexibles para mover el posicionador 752 de cámara en una dirección vertical fuera del eje del tubo 738 de suministro y no se puede requerir el enlace de control flexible para girar la herramienta. Esto simplifica el controlador 760 de cámara, porque tiene menos segmentos de engranajes y bobinas. Solamente se muestra un segmento de engranaje en 761 en la figura 23 pero hay tantos segmentos de engranajes que son enlaces de control flexibles para controlar la posición de la cámara. Con referencia de nuevo a la figura 19, cada segmento de engranaje se engancha con una cremallera 763 lineal correspondiente en el acoplador. La cremallera 763 lineal en el acoplador 720 tiene una porción de engranaje que se orienta hacia arriba con el fin de enganchar con el segmento 711 de engranaje en el cabezal 708 y tiene una posición de engranaje que se orienta hacia abajo para engancharse con el segmento 761 de engranaje mostrado en la figura 23 sobre el ensamble 730 del cámara/ tubo de suministro.

Con referencia de nuevo a la figura 19, el acoplador 720 también tiene una pluralidad de cremalleras lineales que tienen porciones 765 de engranaje que se orientan hacia arriba para enganchar segmentos 710 de engranaje correspondientes en el cabezal 708 y tiene porciones 767 de engranaje que se orientan hacia abajo para enganchar segmentos de engranaje correspondientes en por lo menos un controlador de herramienta tal como 602 en la figura 17, como se describirá adelante.

Con referencia de nuevo a la figura 23, la base 732 tiene adicionalmente un conector 770 óptico y un conector 772 eléctrico que se proyecta en una dirección proximal de la base 732 de tal manera que cuando la base se acopla al acoplamiento 720 mostrado en a figura 22, se acoplan con los conectores 774 y 776 ópticos y eléctricos correspondientes en el cabezal 708. El conector 774 óptico en el cabezal 708 proporciona luz por vía de una fibra 778 óptica y una fibra 780 óptica correspondiente conectada al conector 770 óptico sobre la base 732 que se enruta en el posicionador de cámara y termina en una ubicación por encima de un lente 781 en la cámara 750 con el fin de iluminar el sujeto de la imagen tomada por la cámara 750. El conector 772 eléctrico se conecta sobre la base a la cámara 750 para recibir señales de imágenes y pasa esas señales de imagen al conector 776 eléctrico en el cabezal

708, que los comunica al ordenador 704 mostrado en la figura 18. La cámara 750 puede tener dos lentes o estar configurado de otro modo para producir señales de imágenes 3D, por ejemplo. El ordenador 704 formatea las señales de imágenes como necesarias y las transmite a la red para permitir la captura de las señales de imagen mediante los dispositivos conectados a la red, que incluyen una pantalla que se puede ubicar en o cerca al dispositivo de entrada que es operado por el cirujano.

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

Con referencia a la figura 24, la base 732 se muestra acoplada al acoplador 720, con lo cual el segmento de engranaje, uno de las cuales se muestra en 711, para controlar el posicionador 752 de cámara engancha con las cremalleras 763 lineales en el acoplador 720. Adicionalmente los segmentos 710 de engranaje asociados con el posicionador de herramienta enganchan con las cremalleras 765 lineales correspondientes en el acoplador 720. Se proporciona un espacio adyacente a las cremalleras 765 lineales para permitir que por lo menos se monte un controlador de herramienta en el espacio en una forma en la que los segmentos (628, 622, 632, 636, 640 y 644 en un controlador 602 de herramienta) de engranaje se enganchan con las cremalleras lineales correspondientes, sólo se muestra una de las cuales en 765 en la figura 24. También en la posición mostrada en la figura 24, los conectores (770) ópticos y (774) y los conectores (772) y (776) eléctricos se conectan para permitir que se transmita luz al cabezal de la cámara y permitir a la cámara enviar señales de imágenes al ordenador 704 en la figura 18. También cuando el ensamble 730 de cámara/ tubo de suministro se conecta al acoplador 720, la parte 782 de extremo proximal del tubo de suministro se dispone adyacente al espacio adyacente a las cremalleras 765 lineales.

Con referencia a la figura 25, con el ensamble 730 de cámara/ tubo de suministro conectado al acoplador 720, se puede instalar el controlador 602 de herramienta. Con referencia a la figura 26, para instalar el controlador 602 de herramienta, el controlador de herramienta se posiciona de tal manera que la herramienta 550 se inserta en la parte 782 de extremo proximal del tubo (738) de suministro y es empujado todo el trayecto a través del tubo de suministro hasta la herramienta 550 y el posicionador 20 de herramienta se extiende hacia fuera desde la segunda parte 742 de extremo distal del tubo de suministro como se muestra en la figura 27. De esta manera, el segundo conducto 606 rígido se extiende dentro del tubo de suministro paralelo al tubo 754 de soporte de posicionador de cámara y el posicionador 20 de herramienta se puede mover libremente alrededor en el espacio adyacente a la segunda parte 742 de extremo distal del tubo de suministro. Con referencia a las figuras 26 y 27, la longitud del segundo conducto 606 rígido se preconfigura de tal manera que cuando los segmentos 628, 622, 632, 636, 640 y 644 de engranaje se enganchan con sus cremalleras (629, 623, 633, 637, 641 y 645) lineales correspondiente, el posicionador 20 de herramienta está completamente fuera del tubo 738 de suministro.

Con referencia a la figura 26, en la realización mostrada, el acoplador 720 tiene primeros y segundos ensambles 800 y 802 de cremallera de lineal que se pueden operar para recibir primero y segundos controladores de la herramienta, respectivamente. Un primer controlador de herramienta se muestra en 602 y se muestra un segundo controlador de herramienta en líneas intermitentes en 804. En el diseño descrito anteriormente en el primer controlador 602 de herramienta cada segmento 628, 622, 632, 636, 640 y 644 de engranaje tiene un segmento 928, 922, 932, 936, 940, y 944 de engranaje simétricamente opuestos en el mismo buje. Estos segmentos 928, 922, 932, 936, 940, y 944 de engranaje descansan en planos respectivos paralelos a distancias predefinidas de un plano paralelo en el que la placa 612 base descansa y sobresale más allá de un borde 950 de la placa 612 base en la misma cantidad mediante la cual sus segmentos de engranaje opuestos correspondientes sobresalen más allá de un borde 952 opuesto de la placa 612 base. En la realización mostrada, el primer controlador 602 de herramienta se instala en el acoplador 720 para cooperar con el primer ensamble 800 de cremallera lineal y cuando se instala efectúa esta cooperación, el borde 952 del primer controlador 602 de herramienta enfrenta el primer ensamble 800 de cremallera lineal.

El segundo controlador 804 de herramienta es el mismo que el primer controlador 602 de herramienta, pero se instala en una orientación de imagen de espejo con relación al primer controlador 602 de herramienta como se muestra en contorno discontinuo en la figura 26. En esta orientación, un borde 954 del segundo controlador 804 de herramienta corresponde al borde 950 del primer controlador 602 de herramienta que se orienta al segundo ensamble 802 de cremallera lineal y los segmentos de engranaje (equivalente a 928, 922, 932, 936, 940, y 944 del primer controlador 602 de herramienta) del segundo controlador 804 de herramienta que se engancha con las cremalleras lineales correspondientes del segundo ensamble 802 de cremallera lineal. De esta manera, un segundo posicionador 812 de herramienta conectado a un segundo controlador 804 de herramienta puede ser cargado a través del tubo 738 de suministro para extenderse afuera del tubo de suministro como se muestra en la figura 28.

Con referencia a la figura 29, se describe adicionalmente con los componentes descritos anteriormente conectados juntos como se describe, el aparato quirúrgico laparoscópico mostrado en la figura 18. La plataforma 700 móvil se puede utilizar para mover el cabezal 708 en una posición tal como se muestra, en el que las herramientas 550 y 810 y la cámara 750 se posicionan dentro de un paciente (no mostrado) a través de una única incisión relativamente pequeña. Inicialmente, la cámara 750 y los primeros y segundos posicionadores de herramienta se posicionan con el fin de estar cercanamente adyacentes entre sí dentro del diámetro del tubo 738 de suministro para facilitar la inserción de la cámara y primeros y segundos posicionadores 20 y 812 de herramienta y herramientas 550 y 810 en esta dentro del paciente a través de la pequeña incisión. Luego, se puede inflar el paciente con CO₂ en la forma

convencional y luego se puede posicionar la cámara fuera de eje del tubo de suministro, hacia arriba, por ejemplo, y posicionar para tener un campo de visión que abarca las ubicaciones de las herramientas 550 y 810, para ejemplo. La cámara 750 también puede tener capacidad de zoom para hacer zoom en cualquier área de interés particular dentro del paciente en la vecindad de las herramientas 550 y 810. Luego, las herramientas 550 y 810 se pueden posicionar y manipular para realizar cirugía, mientras las acciones de las herramientas se observan por la cámara 750.

El posicionamiento y la manipulación de las herramientas 550 y 810 es dirigida por un cirujano que opera una estación de trabajo tal como se muestra en 860 en la figura 30, que tiene un portal 862 3D, por ejemplo, para ver imágenes tridimensionales producidas por la cámara 750 en una pantalla y que tiene dispositivos 864 y 866 de entrada izquierdos y derechos, unos descansabrazos 868 y un gabinete 870 de soporte montado sobre una plataforma 872 móvil. La plataforma móvil puede tener primeros y segundos pedales 874 y 876. El gabinete 870 de soporte puede incluir un ordenador 878 configurado operablemente para recibir señales de los dispositivos 864 y 866 de entrada izquierdos y derechos y desde el primero y segundo pedales 874 y 876 y producir señales de comando de transmisión en la red hacia el ordenador del aparato 850 de cirugía laparoscópica mostrado en la figura 29 para provocar que las cremalleras lineales se muevan en direcciones y distancias que afectarán un movimiento deseado de la herramienta.

Como se mencionó anteriormente que el efector de extremo o herramienta se pueden mover con 5 grados de libertad al tirar o empujar en varios enlaces de la primera, segunda y/o tercera pluralidades de enlaces 88, 90, 92, 94, 104, 106, 108, 110, 120, 122, 124, 126 de control flexibles al mover ensambles correspondientes de los ensambles de cremallera lineales. Se proporciona un sexto grado de libertad de movimiento al hacer que el ensamble 600 de herramienta y el controlador 602 de herramienta se muevan en una dirección a lo largo del eje del segundo conducto 604 rígido. Dicho movimiento se puede proporcionar al mover el cabezal 708 en una dirección lineal a lo largo de una línea que coincide con el tubo 738 de suministro, por ejemplo.

Alternativamente, en referencia a las figuras 26 y 31, en una realización alternativa del acoplador 720 del primer y segundo ensambles 800 y 802 de cremallera lineal se pueden formar en bases 900 y 902 separadas y las cremalleras correspondientes (765 en el acoplador 720) se puede fabricar suficientemente largas para permitir que las primeras y segundas cremalleras 800 y 802 lineales se mueva linealmente con relación a una base 904 del acoplador 720 para proporcionar un 6° grado de libertad de movimiento en la dirección del eje del tubo 738 de suministro. Para efectuar este movimiento, la base 904 puede estar provista con primeras y segundas cremalleras 906 y 908 de engranaje que enganchan los segmentos de engranaje lineales correspondientes (no mostrados) en los lados inferiores de la primera y segunda bases 900 y 902. La primera y segunda cremallera se pueden accionar mediante cremalleras de acoplamiento correspondientes (no mostrada) en el cabezal (708) en una forma similar a aquella descrita en relación con la forma de cremalleras individuales del primero y segundo ensamble 800 y 802 de cremallera lineales accionadas.

En una realización alternativa del acoplador 720 mostrado en la figura 31, con referencia a la figura 32, cuando los primeros y segundos controladores 602 y 804 de herramienta se disponen en diferentes distancias desde la porción 782 de extremo proximal del tubo de suministro, los posicionadores 20 y 812 de herramienta respectivos se disponen a diferentes distancias desde la parte 742 de extremo distal del tubo de suministro que posiciona las herramientas 550 y 810 respectivas a diferentes distancias de la parte de extremo distal del tubo de suministro.

Ventajosamente, el aparato descrito aquí proporciona diferentes tipos de herramientas que van a ser sostenidos 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. De esta manera, se puede proporcionar un único tipo de posicionador de herramienta y se pueden utilizar diferentes tipos de herramientas selectivamente según se desee en ese aparato de posicionamiento de herramienta. Adicionalmente, el aparato proporciona herramientas quirúrgicas derechas e izquierdas que van a ser recibidas a través de la misma incisión en el paciente y permite que estas herramientas se posicionen en lados opuestos de un eje definido por el tubo de suministro. Esto permite acceso en la cual el cirujano está tomando lugar desde otro lado, haciendo que parezca que el cirujano realiza directamente la cirugía en la forma convencional. Adicionalmente las mismas herramientas que se están utilizando para realizar las funciones del efector de extremo pueden girar alrededor de sus ejes longitudinales, lo que proporciona posicionamiento más conveniente e independiente de los efectores de extremo.

REIVINDICACIONES

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

- 5 un elemento (22) base, un elemento (24) intermedio, un elemento (26) de extremo y un primer soporte (28) de herramienta dispuesto en sucesión, cada uno dichos elementos de base, elemento intermedio, elemento de extremo y soporte de herramienta tienen una abertura (72) central respectiva;
- 10 una primera pluralidad (30) de guías acopladas entre el elemento base y el elemento intermedio en el que por lo menos uno (32) de dicha primera pluralidad de guías acopladas se acopla al elemento base y por lo menos una (34) de dicha primera pluralidad de guías acopladas se acopla al elemento intermedio y en el que cada guía acoplada de dicha primera pluralidad de guías acopladas tiene una abertura (152) central respectivo;
- 15 una segunda pluralidad (36) de guías acopladas entre el elemento intermedio y el elemento de extremo en el que por lo menos una (38) de dicha segunda pluralidad de guías acopladas se acopla al elemento intermedio y por lo menos una (40) de dicha segunda pluralidad de guías acopladas se acopla al elemento de extremo y en el que cada guía acoplada de dicha segunda pluralidad de guías acopladas tiene una abertura (152) central respectiva;
- 20 una tercera pluralidad (42) de guías acopladas entre el elemento extremo y el soporte de herramienta en el que por lo menos una (44) de dicha tercera pluralidad de guías acopladas se acopla al elemento de extremo y por lo menos una (46) de dicha tercera pluralidad de guías acopladas se acopla al soporte de herramienta y en el que cada guía acoplada de dicha tercera pluralidad de guías acopladas tiene una abertura (152) central respectiva;
- 25 primeras aberturas (80, 82, 84, 86) guía en dicho elemento base y que corresponden a primeras aberturas (160, 162, 164, 166) guía generalmente alineadas en cada guía acoplada de dicha primera pluralidad de guías acopladas;
- 30 una primera pluralidad de enlaces (88, 90, 92, 94) de control flexibles dispuestos en paralelo separados en relación y que se extienden a través de aberturas respectivas de dicha primera abertura guía y dicho elemento base y a través de aberturas respectivas de dichas primeras aberturas guías correspondientes en dicha primera pluralidad de guías acopladas, cada una de dichas primeras pluralidades de enlaces de control flexibles tienen primeras porciones de extremo respectivas conectadas a dicho elemento (24) intermedio y segundas porciones de extremo respectivas que se extienden lejos de dicho elemento base;
- 35 segundas aberturas guía en dicho elemento intermedio y que corresponde a segundas aberturas (168, 170, 172, 174) guía alineadas generalmente en cada guía acoplada de dicha primera (30) y segunda (36) pluralidades de guías acopladas;
- 40 una segunda pluralidad de enlaces (104, 106, 108, 110) de control flexibles dispuestas separadas en relación en paralelo cada una tienen un primer extremo conectado al elemento (26) de extremo, un segundo extremo conectado a un punto de referencia fijo con respecto al elemento base y que tiene una parte intermedia entre dichos primero y segundos extremos, cada dicha porción intermedia se extiende a través de segundas respectivas aberturas guías (280, 282, 284, 288) en dicho elemento (24) intermedio y a través de una segunda abertura (168, 170, 172, 174) guía respectiva en cada guía de dicha primera y segunda pluralidades (36) de guías acopladas;
- 45 terceras aberturas (112, 114, 116, 118, 176, 178, 180, 182, 290, 292, 294, 296) guía en dicho elemento base y en cada guía acoplada de dicha primera pluralidad (30) de guías acopladas y en dicho elemento intermedio y en cada guía acoplada de dicha segunda pluralidad (36) de guías acopladas y en dicho elemento (26) de extremo y en cada guía acoplado de dicha tercera pluralidad (42) de guías acopladas; y
- 50 una tercera pluralidad de enlaces (120, 122, 124, 126) de control flexibles dispuesto en paralelo separadas en relación y que se extienden a través de dichas terceras aberturas (112, 114, 116, 118) guía respectivas en dicho elemento (22) base a través de dichas terceras aberturas guía respectivas, en cada guía acoplada de dicha primera pluralidad (32) de guías acopladas través de dichas terceras aberturas guía respectivas, en dicho elemento (24) intermedio a través de dichas terceras aberturas guía respectivas, en cada guía acoplada de dicha segunda pluralidad (36) de guías acopladas través de dichas terceras aberturas guía respectivas, en dicho elemento (26) de extremo y a través de dichas terceras aberturas guías respectivas en cada guía acoplada de dicha tercera pluralidad (42) de guías acopladas, cada dicho enlace de control flexible de dicha tercera pluralidad enlaces (120, 122, 124, 126) de control flexible tiene un primer extremo conectado al soporte de herramienta y un segundo extremo que se extiende lejos de dicho elemento base;
- 60 en el que dicha primera pluralidad de enlaces (88, 90, 92, 94) de control flexibles comprenden enlaces de control correspondientes dispuestos en cualquier lado de dicha abertura central y en el que empujar sobre un enlace de control mientras tira sobre un enlace de control correspondiente de dicha primera pluralidad de enlaces (88, 90, 92, 94) de control provoca que dicho elemento (22) base, dicha primera pluralidad (30) de guías acopladas, dicho elemento (24) intermedio, dicha segunda pluralidad (36) de guías acopladas y dicho elemento (26) de extremo asume posiciones que definen selectivamente una curva continua;
- 65

en el que dicha segunda pluralidad de enlaces (104, 106, 108, 110) de control tienden a conservar dicho elemento (26) de extremo en la misma orientación que dicho elemento (22) base cuando cualquiera de dichos primeros (88, 90, 92, 94) y terceros (120, 122, 124, 126) enlaces de control flexibles se empujan o tiran; y

5 en el que dicha tercera pluralidad de enlaces (120, 122, 124, 126) de control flexibles comprenden enlaces de control correspondientes dispuestos en cualquier lado de dicha abertura central y en el que empujar un enlace de control mientras que se empuja en dicho enlace de control correspondiente de dicha tercera pluralidad de enlaces (120, 122, 124, 126) de control provoca que dicho primer soporte (28) de herramienta se mueva selectivamente dentro de cualquiera de una pluralidad de orientaciones, de tal manera que dicha tercera pluralidad (42) de guías acopladas entre dicho elemento (26) de extremo y dicho soporte (28) de herramienta define una curva de dicho elemento (26) de extremo a dicho soporte (28) de herramienta.

2. El aparato de la reivindicación 1 en el que dicho elemento (22) base, dicho elemento (24) intermedio, dicho elemento (26) de extremo, dicho soporte (28) de herramienta y dicha guía acoplada de dicha primera (30), segunda (36) y tercera (42) pluralidades de guías acopladas cada una tiene segmentos generalmente anulares y en el que:

por lo menos un segmento anular de dicho elemento (22) base y por lo menos un segmento (134, 136) anular de cada guía acoplada de dicha primera pluralidad (130) de guías acopladas tienen dicha primera aberturas (80, 82, 84, 86) guía;

por lo menos un segmento (134, 136) anular de cada guía acoplada de dicha primera (30) y segunda (36) pluralidades de guías acopladas y por lo menos un segmento (254, 256) anular de dicho elemento (24) intermedio tiene dicha segunda aberturas (168, 170, 172, 174) guía; y

por lo menos un segmento (134, 136, 254, 256, 354, 356) anular de cada dicho elemento (22) base, dicho elemento (24) intermedio, dicho elemento (26) de extremo, y cada guía acoplado de dicho primera (30), segunda (36) y tercera (42) pluralidades de guías acopladas que tienen dichas terceras aberturas (112, 114, 116, 118, 176, 178, 180, 182, 290, 292, 294, 296) guía.

3. El aparato de la reivindicación 2 en el que cada uno de dichos segmentos (134, 136) anulares de dichas guías acopladas de dicha primera pluralidad (30) de guías acopladas tiene caras (196, 194, 202) opuestas dispuestas en ángulos agudos con un eje (200) de dicha abertura (152) central en dicha guía acoplada.

4. El aparato de la reivindicación 3 en el que cada uno de dichos segmentos (134, 136) anulares de dicha segunda pluralidad (36) de guías acopladas tiene caras (196, 194, 202) opuestas dispuestas en ángulos agudos a un eje de dicha abertura central en dicha guía acoplado.

5. El aparato de la reivindicación 4 en el que cada uno de dichos segmentos (134, 136) anulares de dicha tercera pluralidad (42) de guías acopladas tiene caras (196, 194, 202) opuestas dispuestas en ángulos agudos a un eje (200) de dicha abertura (152) central en dicha guía acoplado.

6. El aparato de la reivindicación 5 en el que dichas caras opuestas de segmentos (134, 136) anulares de dichas guías acopladas de dicho primera (30) y segunda (36) pluralidades de guías acopladas se disponen en un primer ángulo agudo con el eje (200) y en el que dichas caras opuestas de segmentos (134, 136) anulares de dichas guías acopladas de dicha tercera pluralidad (36) de dichas guías acopladas se disponen en un segundo ángulo agudo con el eje (200), dicho segundo ángulo agudo es diferente de dicho primer ángulo agudo.

7. El aparato de la reivindicación 6 en el que dicho segundo ángulo agudo es mayor que dicho primer ángulo agudo.

8. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 2-7, en el que los pares adyacentes de guías acopladas de dicha primera (30), segunda (36) y tercera (42) pluralidades de guías acopladas se acoplan en por lo menos una proyección (138, 140) sobre una guía de dicho par y un receptáculo (74, 76) para recibir la proyección sobre la otra guía de dicho par.

9. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que cada una de dichas guías acopladas de dichas primera (30), segunda (36) y tercera (42) pluralidades de guías acopladas tiene una proyección (150) que se extiende axialmente que tiene una parte esférica truncada y tiene un zócalo (146) alineado axialmente para recibir una proyección que se extiende axialmente de una guía acoplada adyacente para permitir guías acopladas adyacentes para girar esféricamente con relación una a la otra, dicha abertura central de dicha guía acoplada tiene un primer terminal sobre dicha proyección y un segundo terminal en dicho zócalo de tal manera que las aberturas (152) centrales de guías acopladas adyacentes están en comunicación entre sí con el fin de definir un canal central operable para recibir una parte de una herramienta sostenida por dicho soporte de herramienta.

10. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1-9 y que comprende adicionalmente un primer conducto de soporte que tiene primeros y segundos extremos abiertos, dicha base se conecta a dicho primer extremo abierto de dicho conducto de soporte para apoyar dicha base y dichas segundas porciones de extremo de dicha primera y

tercera pluralidades de enlaces de control flexibles que se extienden a través de dicho primer conducto de soporte para extenderse afuera de dicho segundo extremo abierto de dicho primer conducto de soporte.

11. Un ensamble (600) de herramienta que comprende el aparato de la reivindicación 10 y que comprende adicionalmente una primera herramienta (550) que comprende un primer efector (554) de extremo, un primer acoplador para acoplar el primer efector de extremo al primer soporte de herramienta, la primera parte de eje flexible tiene una longitud aproximadamente igual que la longitud definida entre dicho elemento (122) base y dicho soporte (28) de herramienta, una primera parte de eje rígida tiene una longitud aproximadamente igual a una longitud de dicho primer conducto de soporte y un primer enlace (560) de control de herramienta que tiene un primer extremo conectado al primer efector de extremo y un segundo extremo que se extiende desde dicha primera porción de eje rígido, dicha primera porción de eje rígido es recibido en dicha abertura central de dicho primer soporte de herramienta y que se extiende a través de dichas aberturas (152) centrales en dicha tercera pluralidad (42) de guías acoplados, dicha abertura (266) central en dicho elemento (26) de extremo, dicha abertura (152) central en dicha segunda pluralidad (36) de guías acopladas, dicha abertura (266) central en dicho elemento (24) intermedio, dichas aberturas (152) centrales en dicha primera pluralidad (30) de guías acopladas, dicha abertura (72) central en dicho elemento (22) base y dicho primer conducto de soporte de tal manera que dicha primera porción de eje flexible es coaxial con dicho aparato de posicionamiento de herramienta y dicha primera parte de eje rígido es generalmente coaxial con dicho primer conducto de soporte y de tal manera que dicha segunda porción de extremo de dicho primer enlace (560) de control de herramienta se extiende desde dicha segunda porción de extremo de dicho primer conducto de soporte.

12. Un ensamble controlador (602) de herramienta que comprende el ensamble (600) de herramienta de la reivindicación 11 y que comprende adicionalmente un primer montaje de control, dicho primer conducto de soporte de dicho aparato de posicionamiento de herramienta se conecta a dicho primer montaje de control de tal manera que dicho primer montaje de control está en un primer lado de un primer eje longitudinal de dicho primer conducto de soporte, y en el que dicho primer montaje de control tiene una primera pluralidad de actuadores (638, 642, 630, 634) conectados a enlaces de control flexibles respectivos de dicha primera (88, 90, 92, 94) y tercera (120, 122, 124, 126) pluralidades de dichos enlaces de control flexibles de dicho primer aparato de posicionamiento de herramienta, para empujar selectivamente y tirar sobre dichas segunda porciones de extremo de dichos enlaces de control flexibles respectivos para provocar que dicho elemento (22) base, dicha primera pluralidad (30) de guías acopladas, dicho elemento (24) intermedio, dicha segunda pluralidad (36) de guías acopladas y dicho elemento (26) de extremo definan selectivamente una curva continua y provoquen selectivamente que dicho soporte (28) de herramienta se mueva dentro de cualquiera de una pluralidad de orientaciones, de tal manera que dicha tercera pluralidad (42) de guías acopladas entre dicho elemento de extremo y dicho primer aparato de soporte de herramienta definen una curva continua desde dicho elemento de extremo hasta dicho primer soporte de herramienta; y

en el que dicho primer montaje de control incluye un primer accionador (626) de herramienta conectado a dicho primer enlace (560) de control de herramienta de dicha primera herramienta, para empujar selectivamente y tirar sobre dicha segunda porción de extremo de dicho primer enlace de control de herramienta para efectuar la operación de dicho efector de extremo.

13. El ensamble controlador de herramienta de la reivindicación 12 en el que cada actuador de dicha primera pluralidad de actuadores y dicho primer actuador de herramienta comprende:

una porción (626, 630, 634, 638, 642) de bovina giratoria respectiva a la que se conecta un enlace de control respectivo para permitir que una porción de dicho enlace de control respectivo se tome o retire de dicha porción (626, 630, 634, 638, 642) de bovina en respuesta a la rotación correspondiente de dicha parte (626, 630, 634, 638, 642) de bovina; y

un accionador respectivo para girar selectivamente dicha parte de bovina en primeras y segundas direcciones opuestas, en el que dicho enlace de control respectivo es tirado cuando dicha parte (626, 630, 634, 638, 642) de bovina gira en dicha primera dirección para tomar dicha porción de dicho enlace de control respectivo y en el que dicho enlace de control respectivo es empujado cuando dicha parte de bovina es girada en dicha segunda dirección para retirar dicha parte de dicho enlace de control respectivo.

14. El ensamble de controlador de herramienta de la reivindicación 13 en el que cada dicho accionador incluye un segmento (628, 632, 640, 644) de engranaje.

15. Un ensamble controlador de herramienta de la reivindicación 14 en el que dicho primer montaje de control tiene una primera superficie de montaje y en el que cada uno de dicho segmento de engranaje tiene una parte que se proyecta más allá de dicha primera superficie de montaje para enganchar un engranaje de accionamiento correspondiente sobre un primer montaje de control de herramienta.

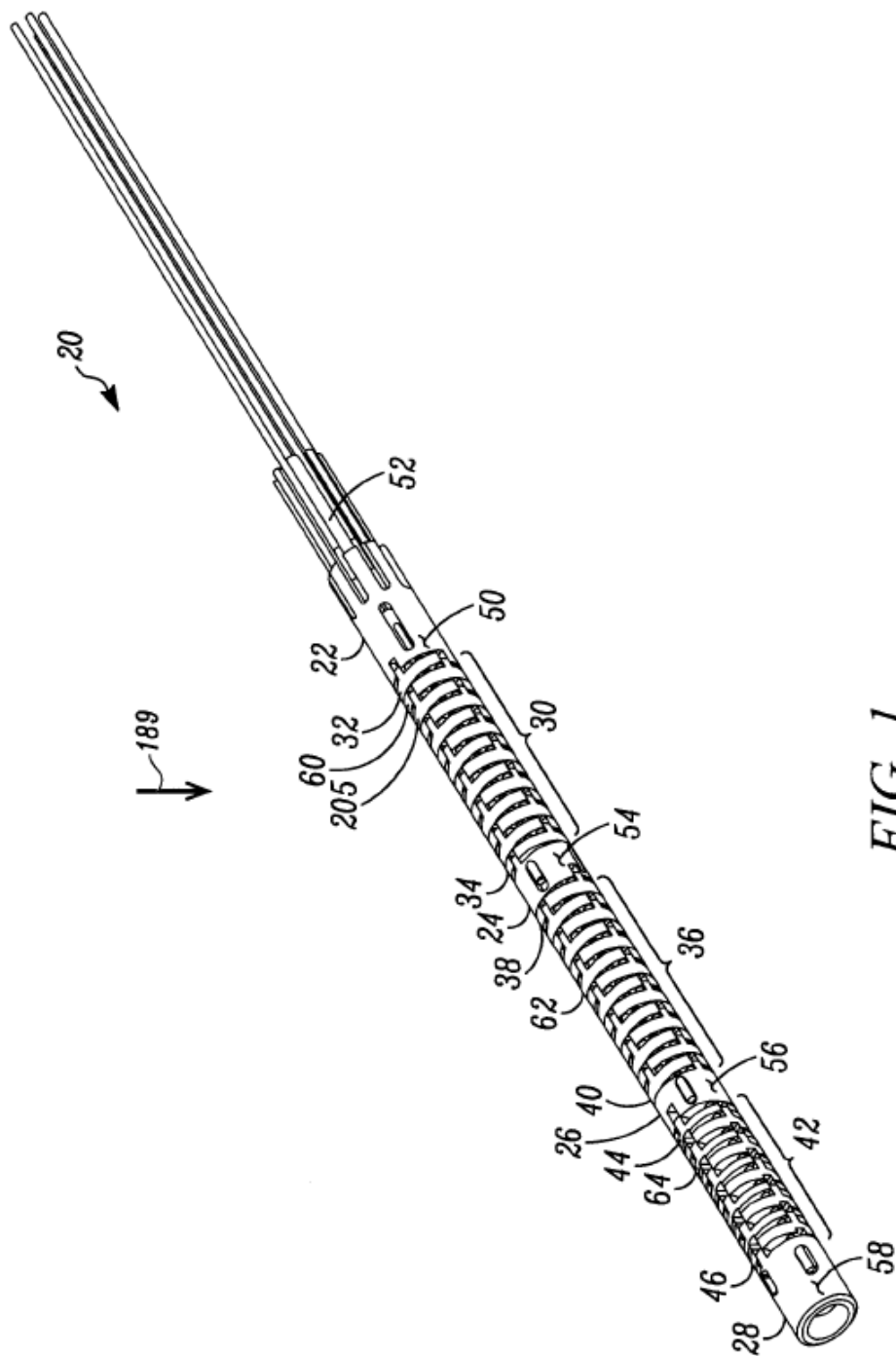


FIG. 1

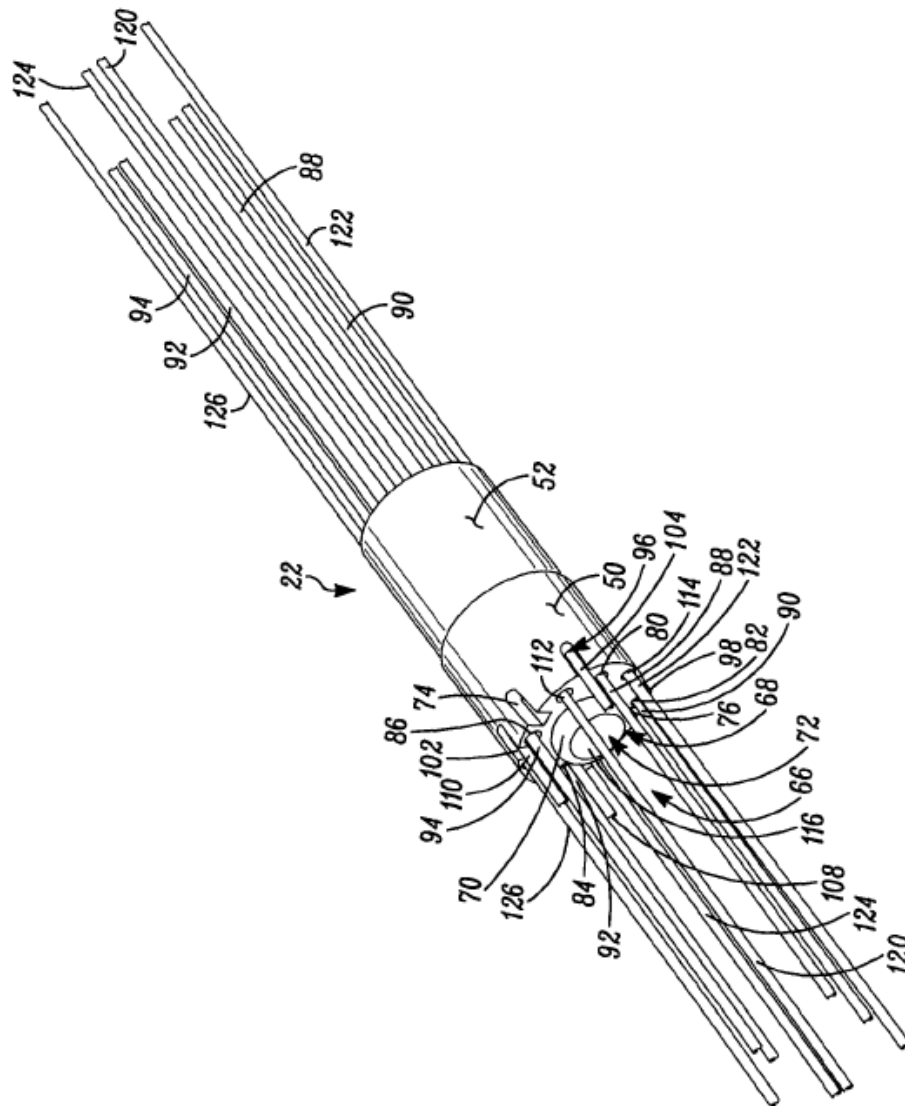


FIG. 2

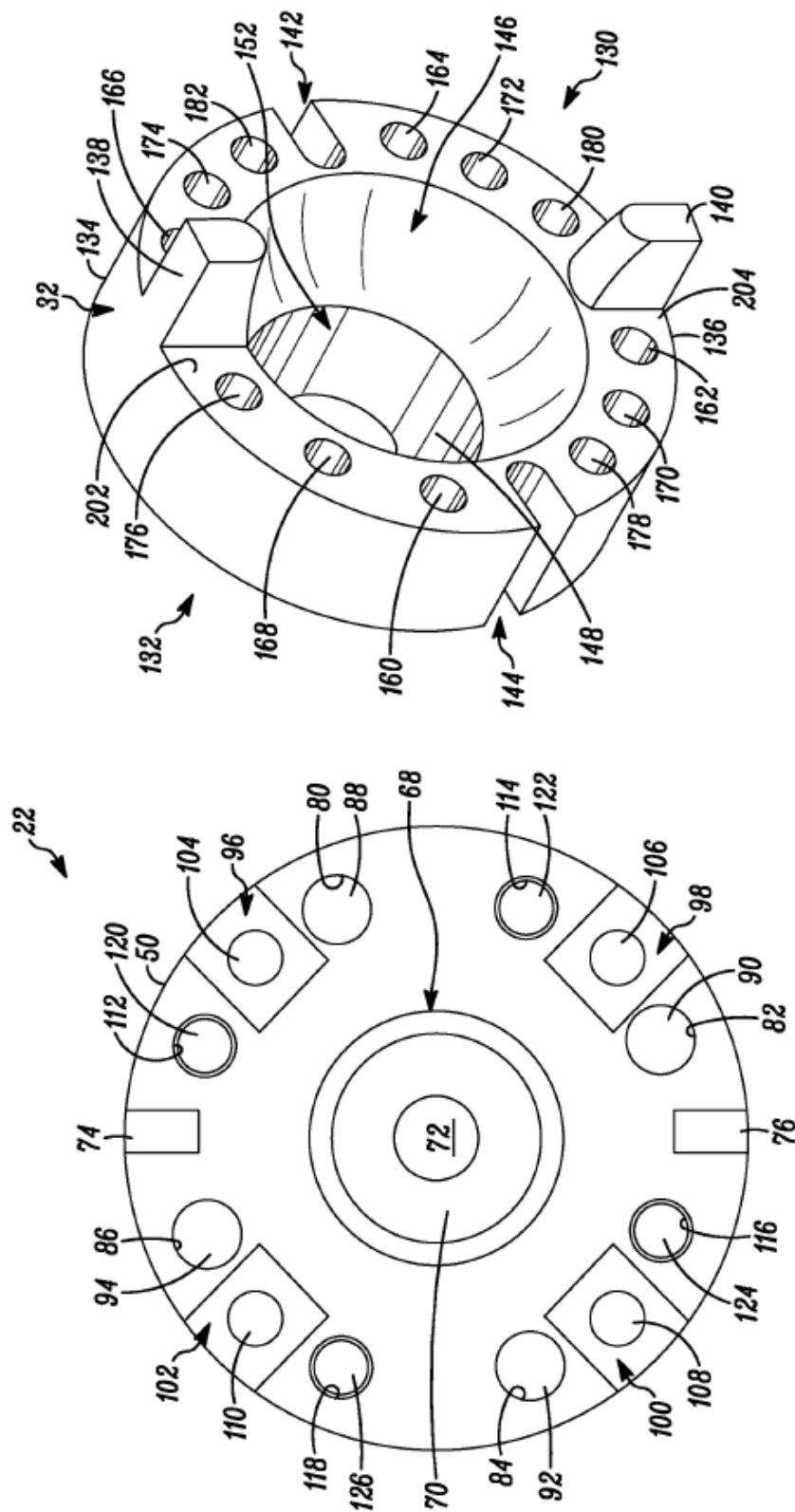


FIG. 4

FIG. 3

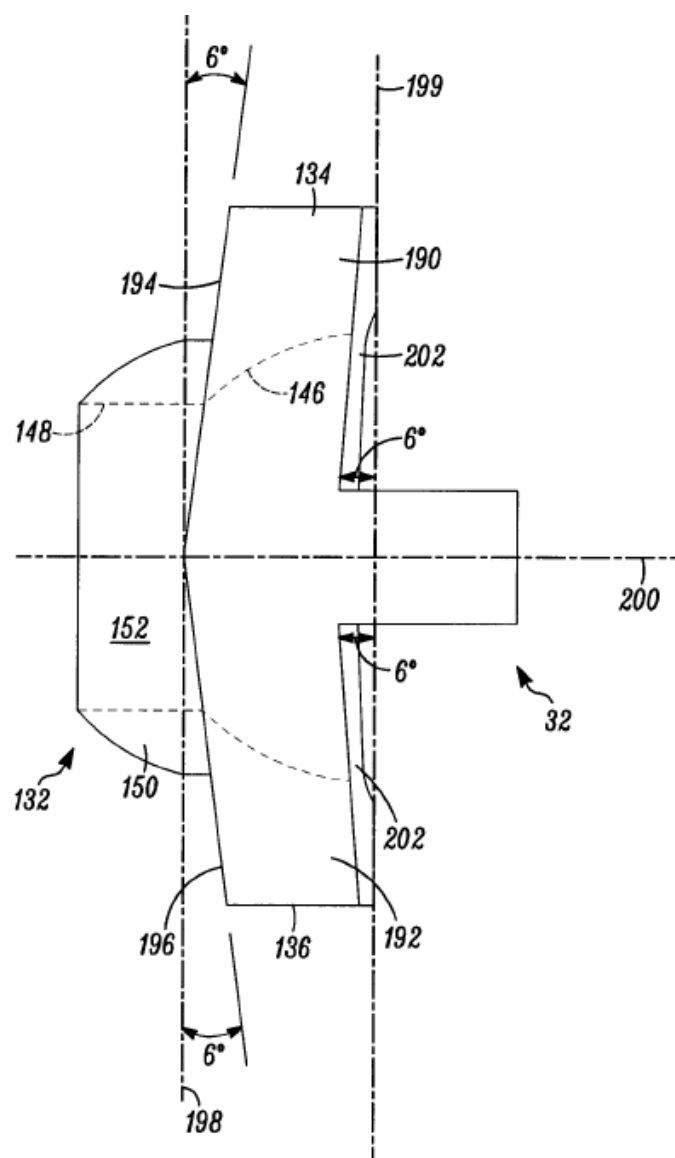


FIG. 5

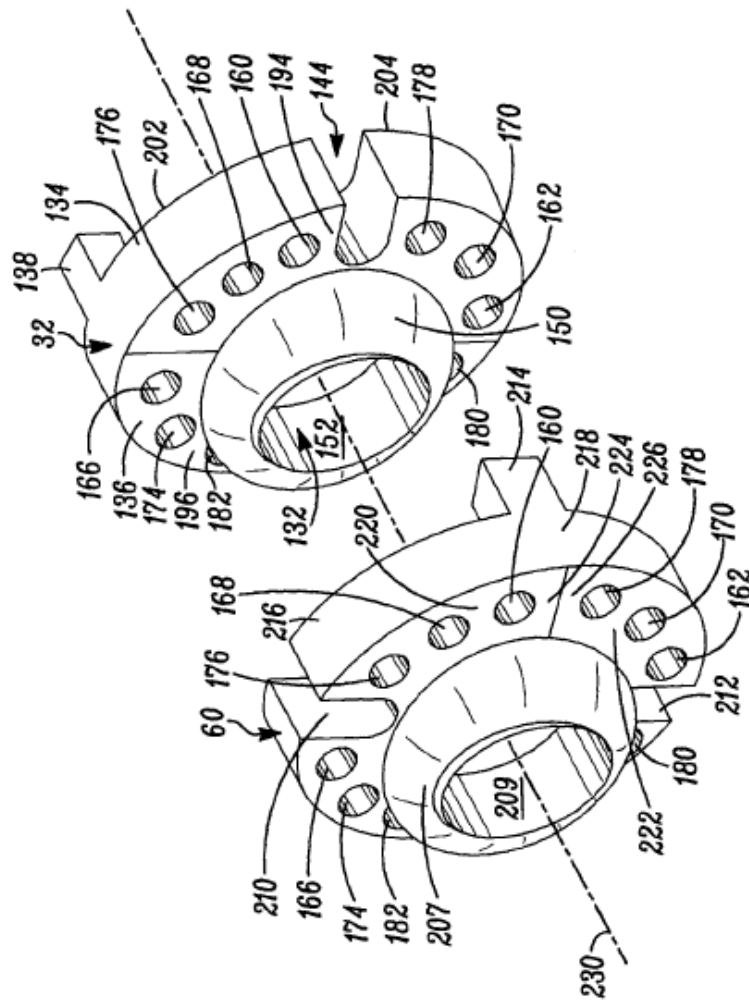


FIG. 6

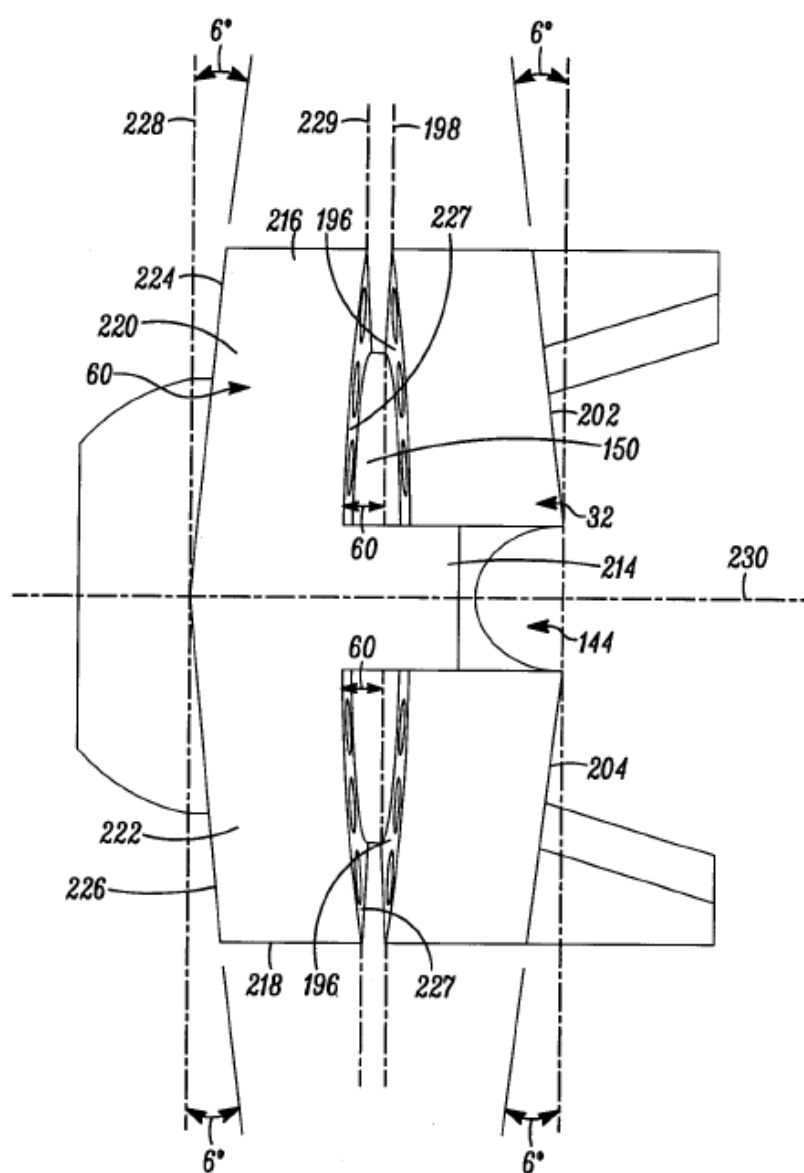


FIG. 7

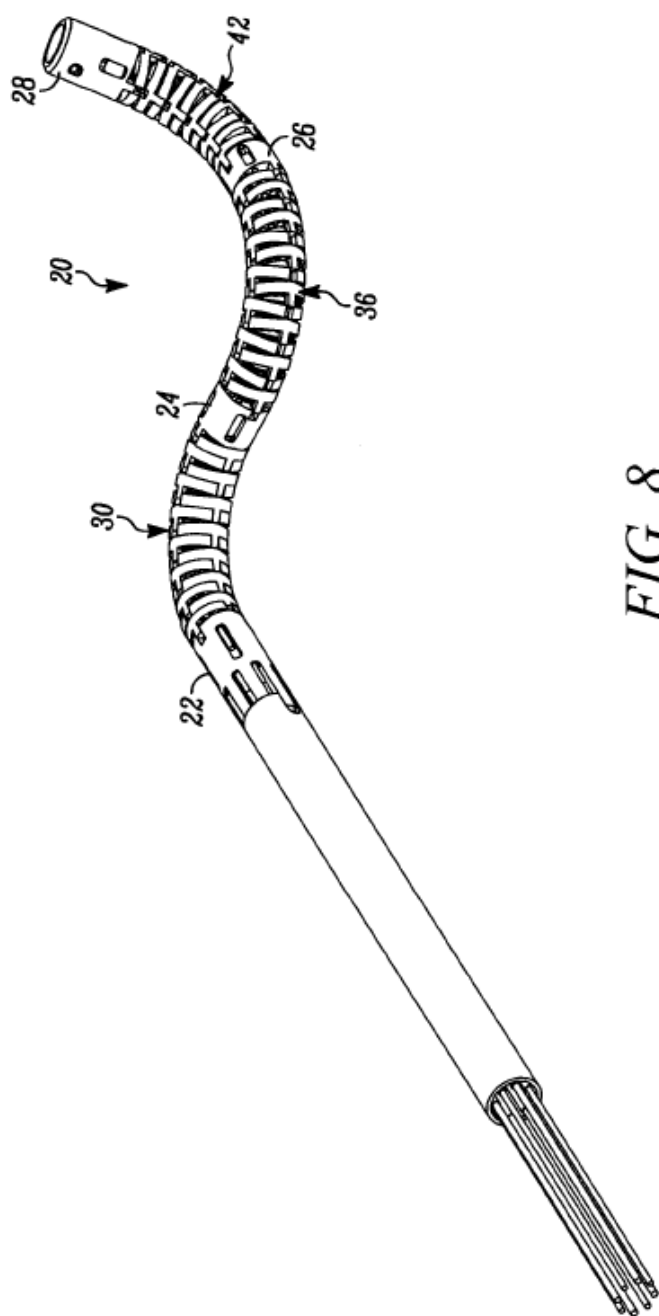


FIG. 8

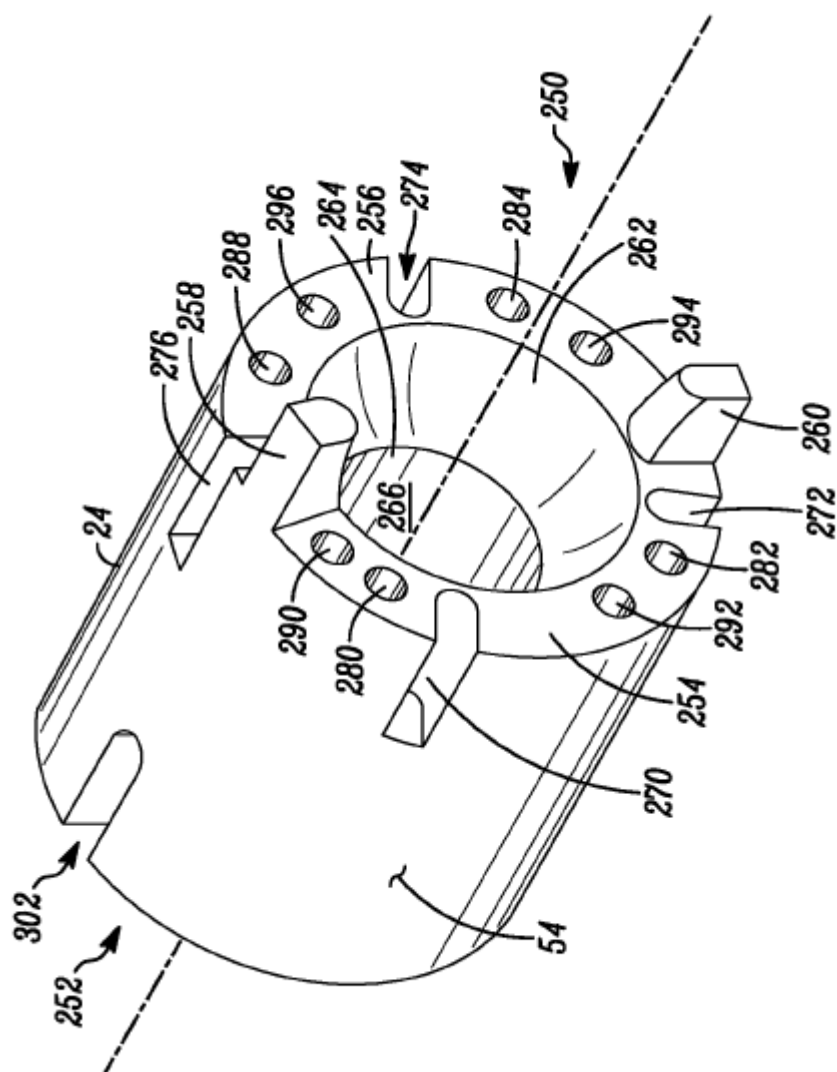


FIG. 9

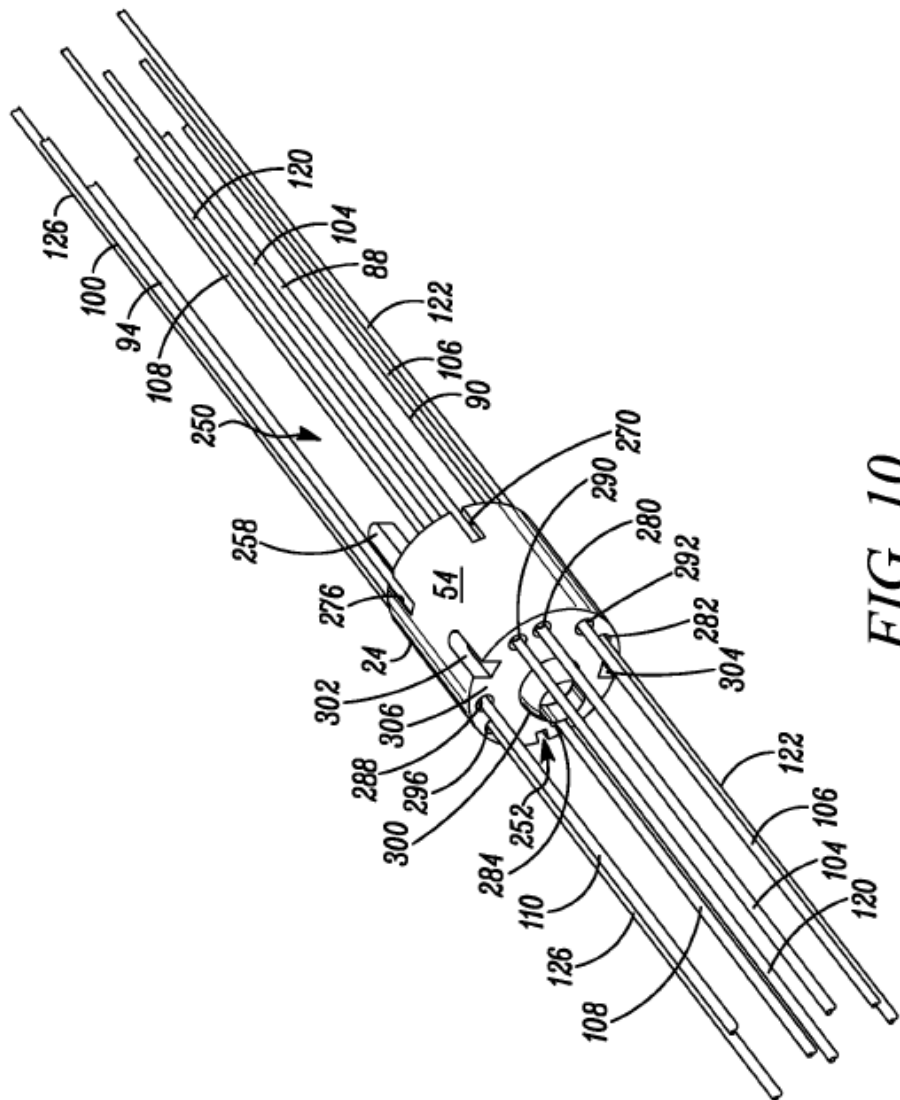
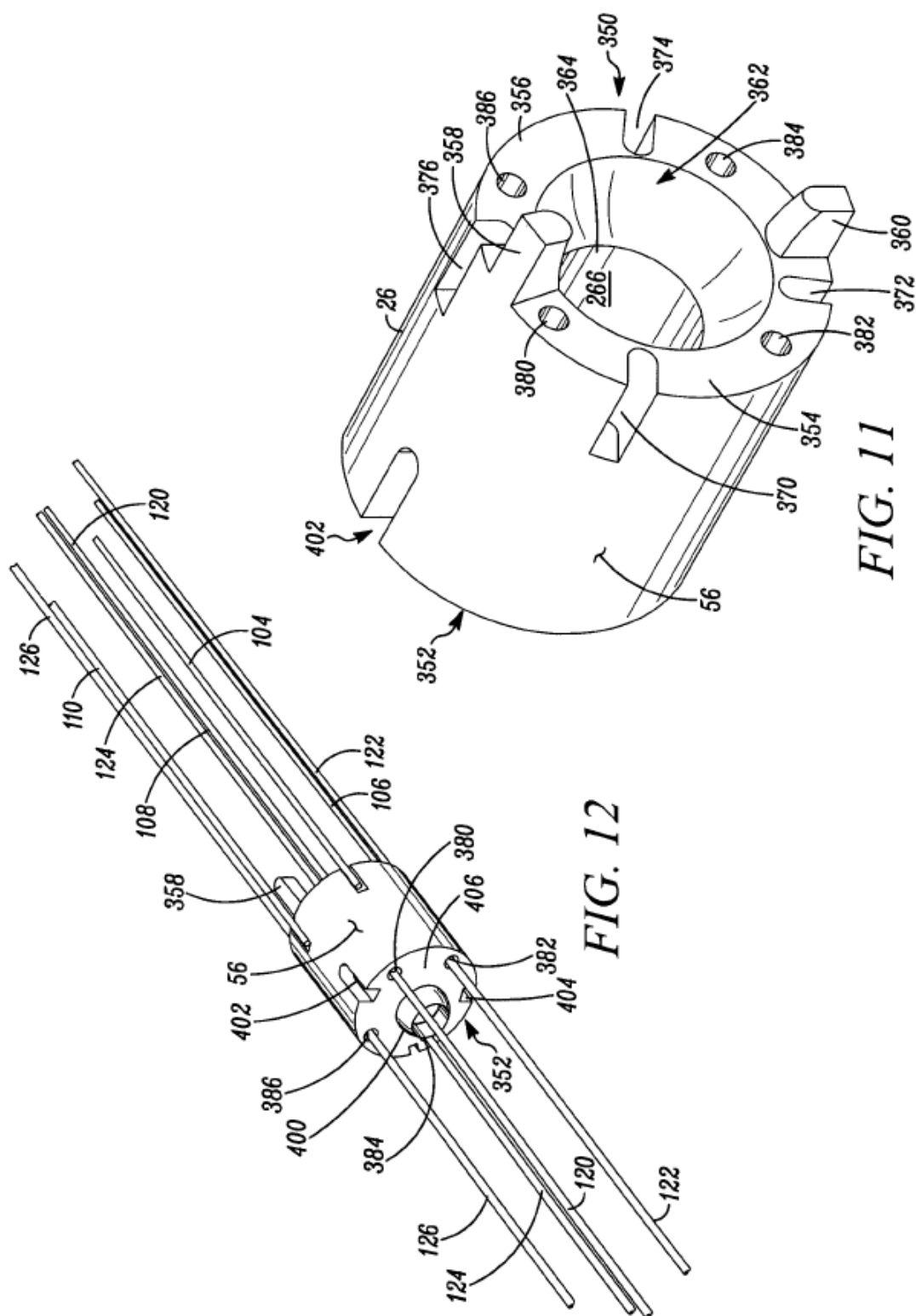
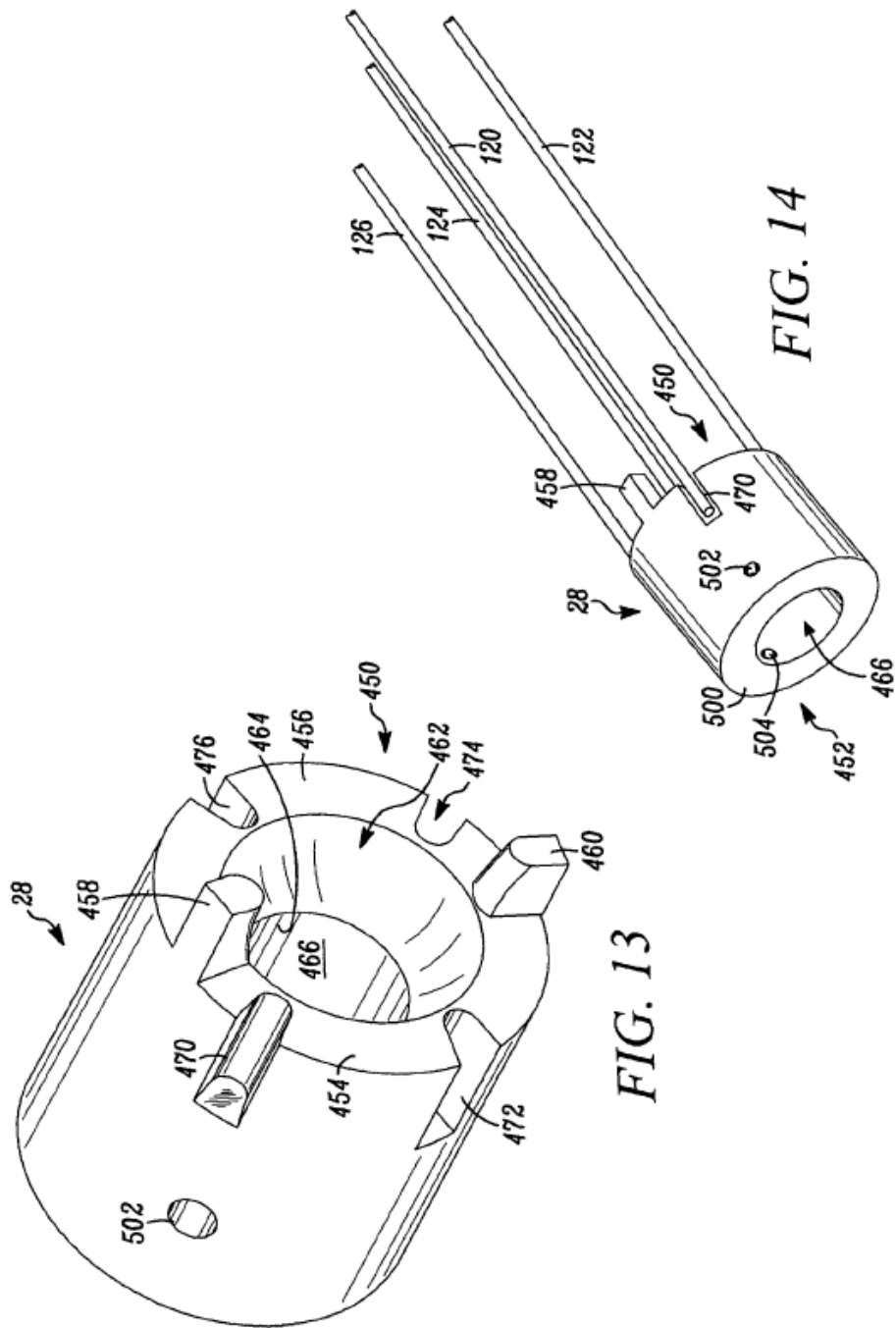


FIG. 10





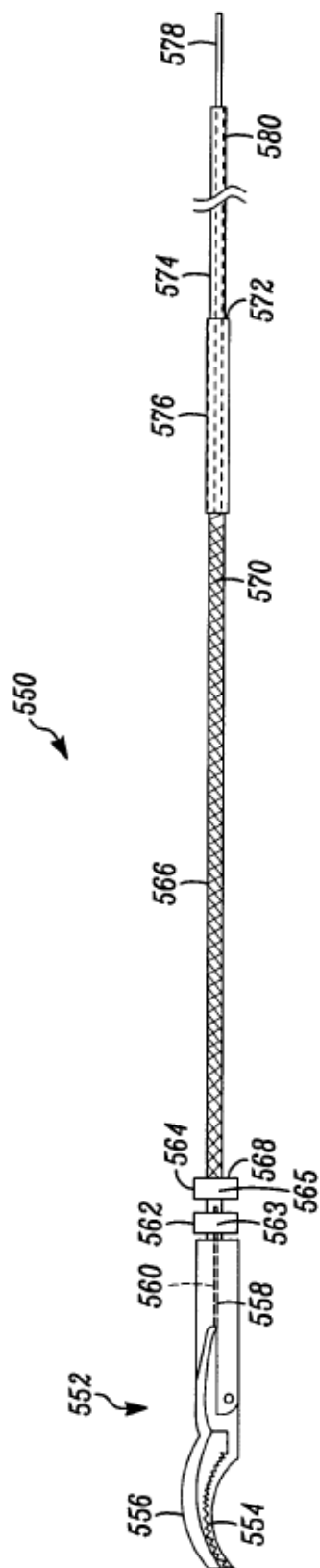
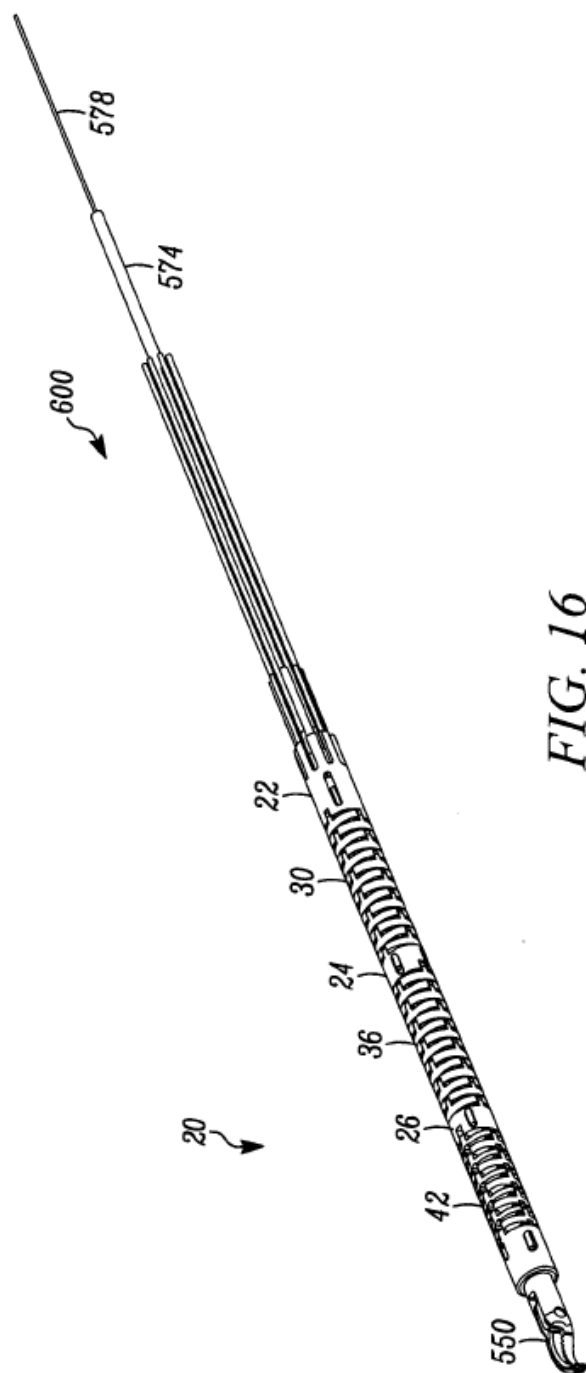


FIG. 15



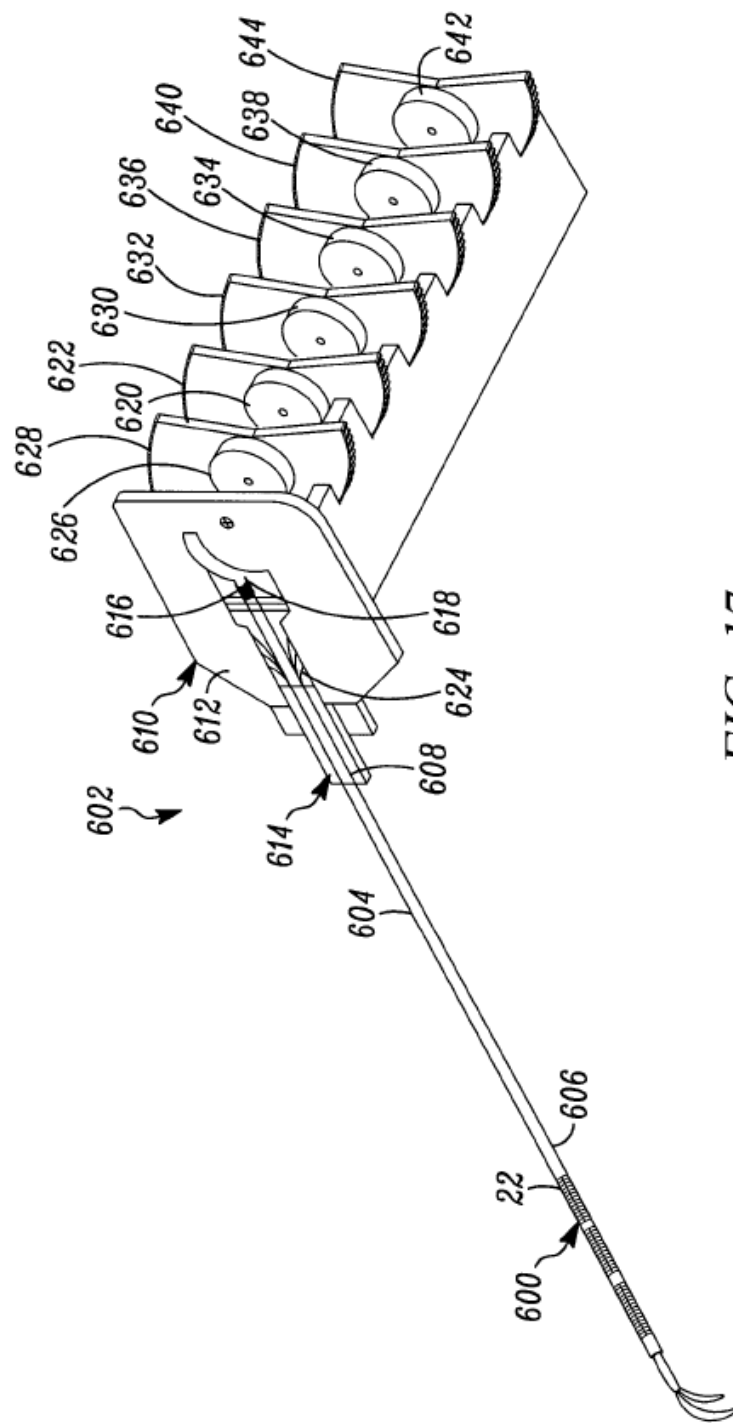


FIG. 17

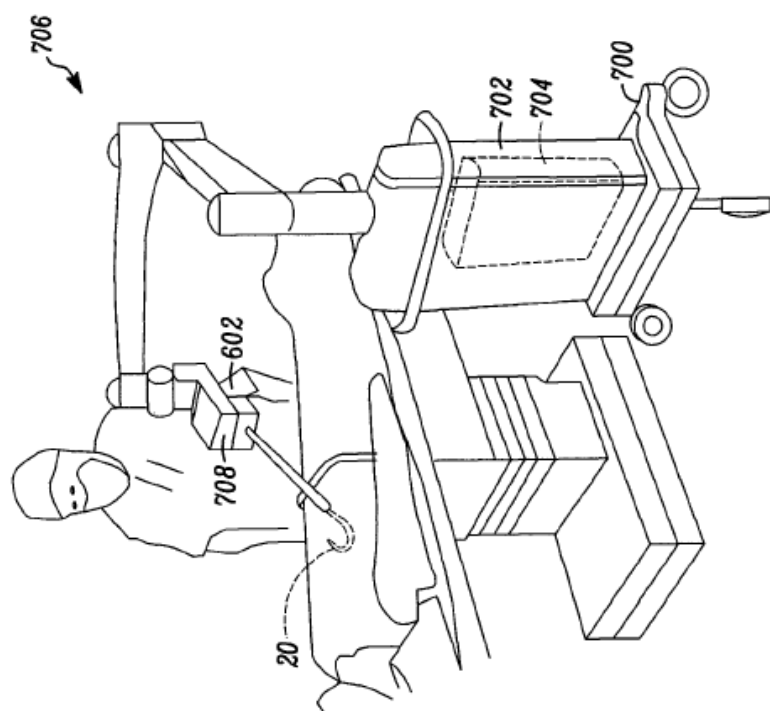


FIG. 18

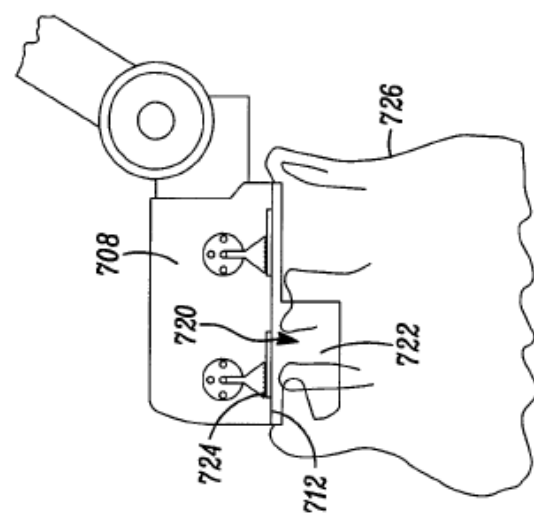


FIG. 20

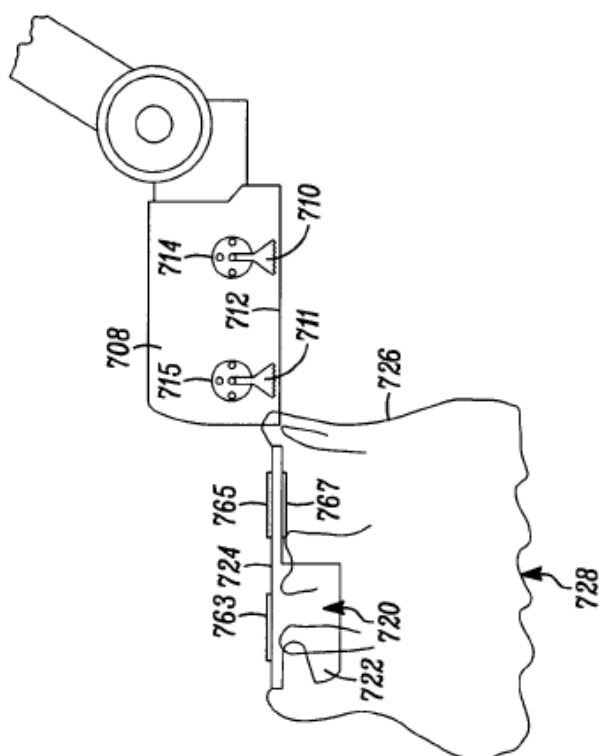


FIG. 19

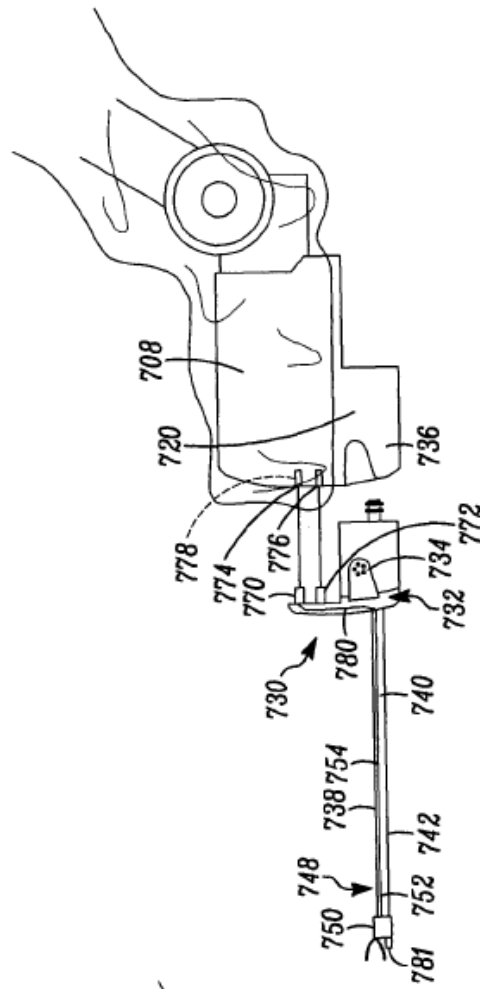


FIG. 21

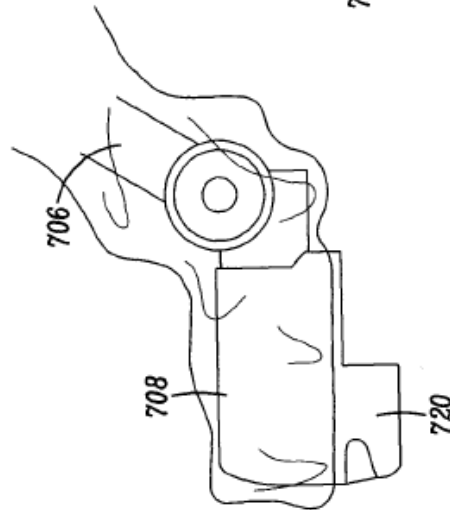


FIG. 22

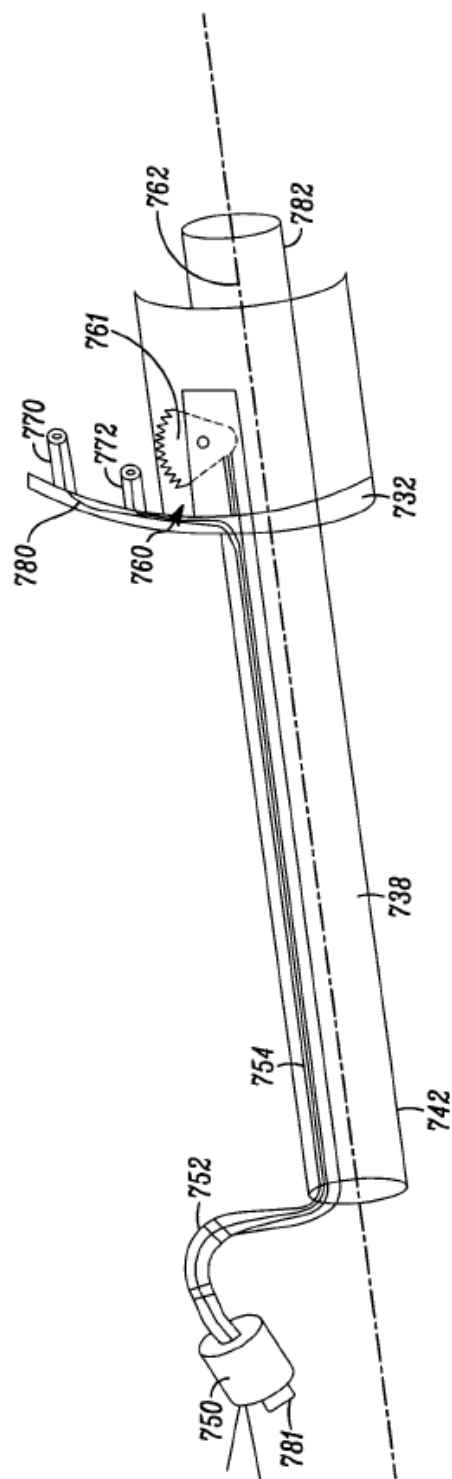


FIG. 23

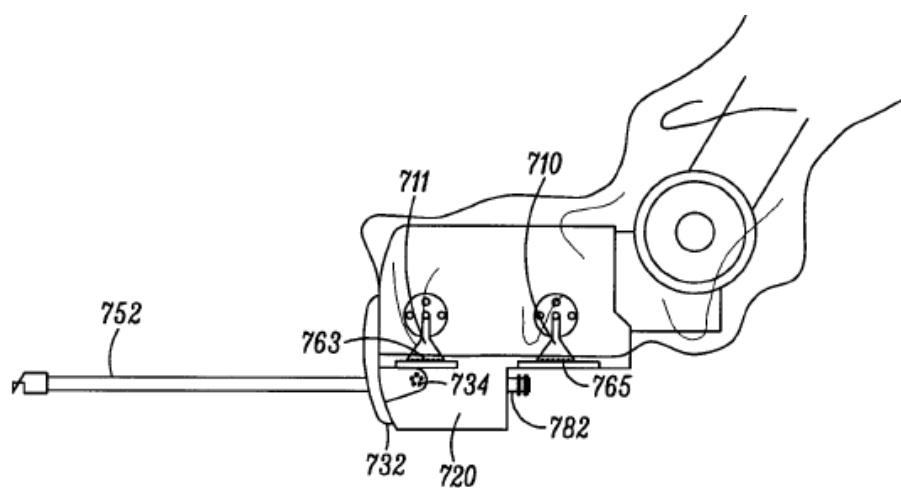


FIG. 24

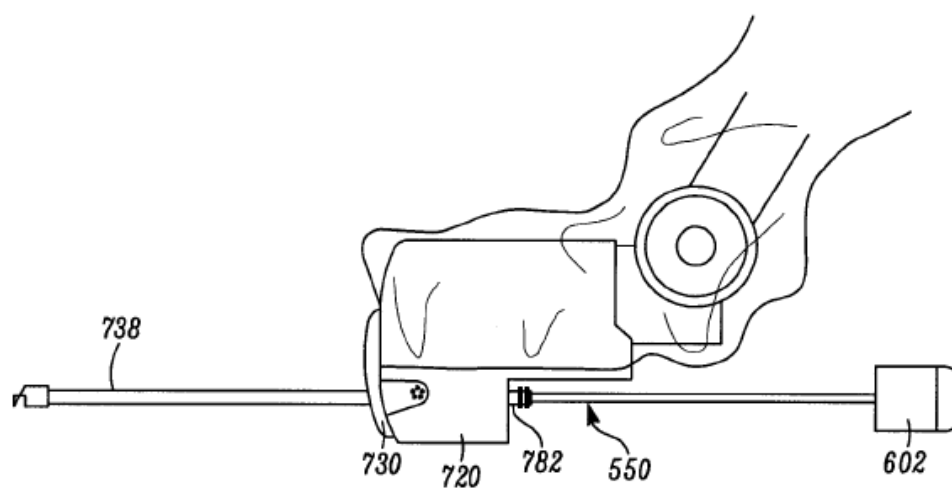


FIG. 25

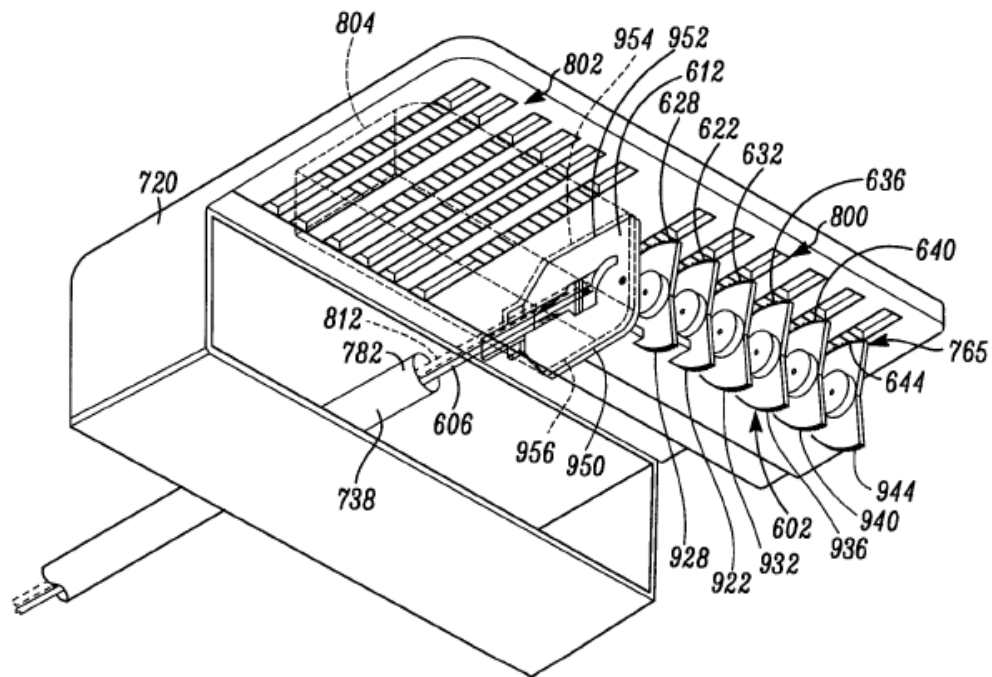


FIG. 26

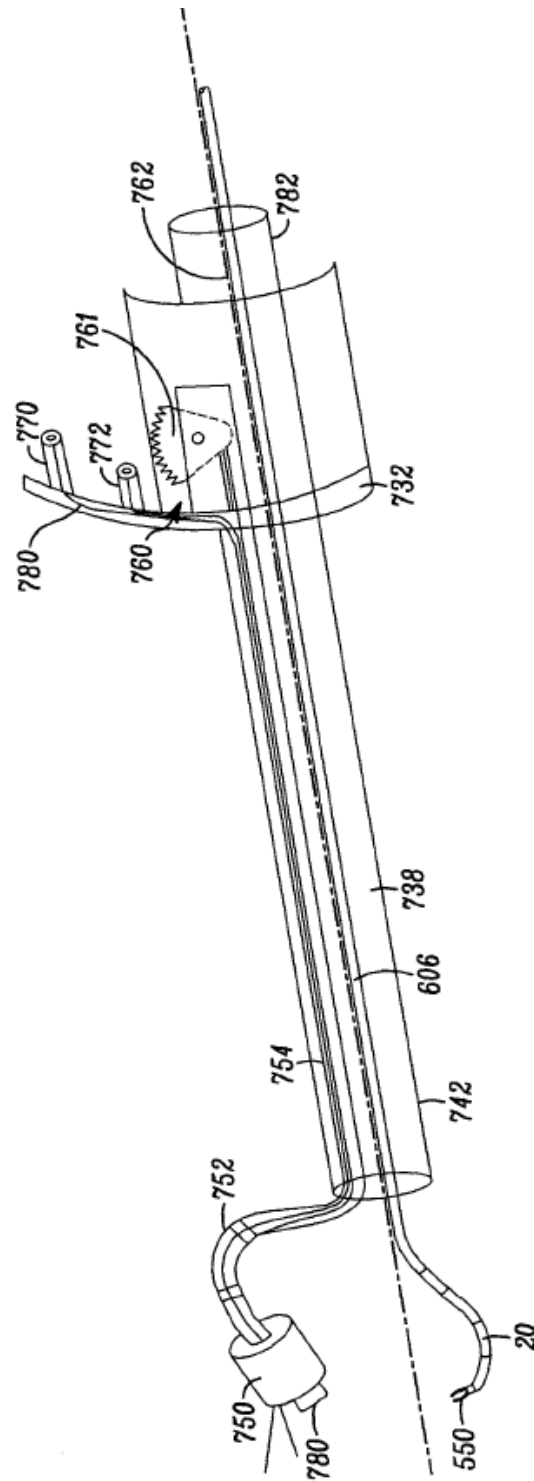


FIG. 27

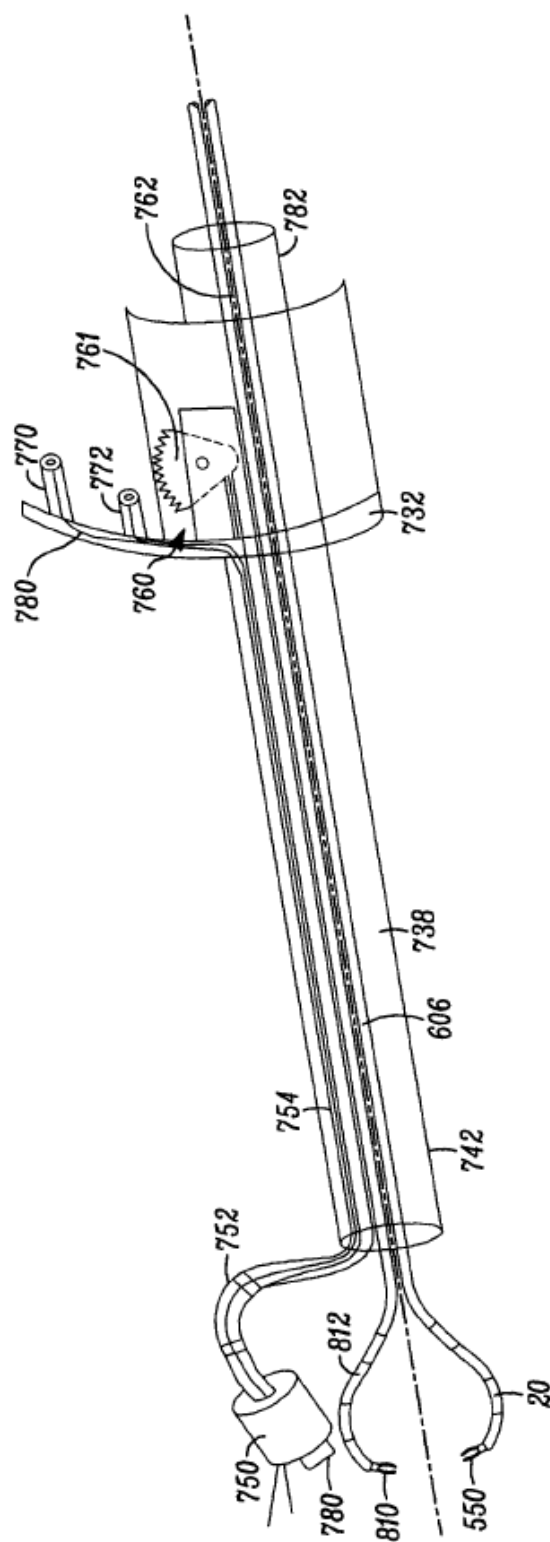


FIG. 28

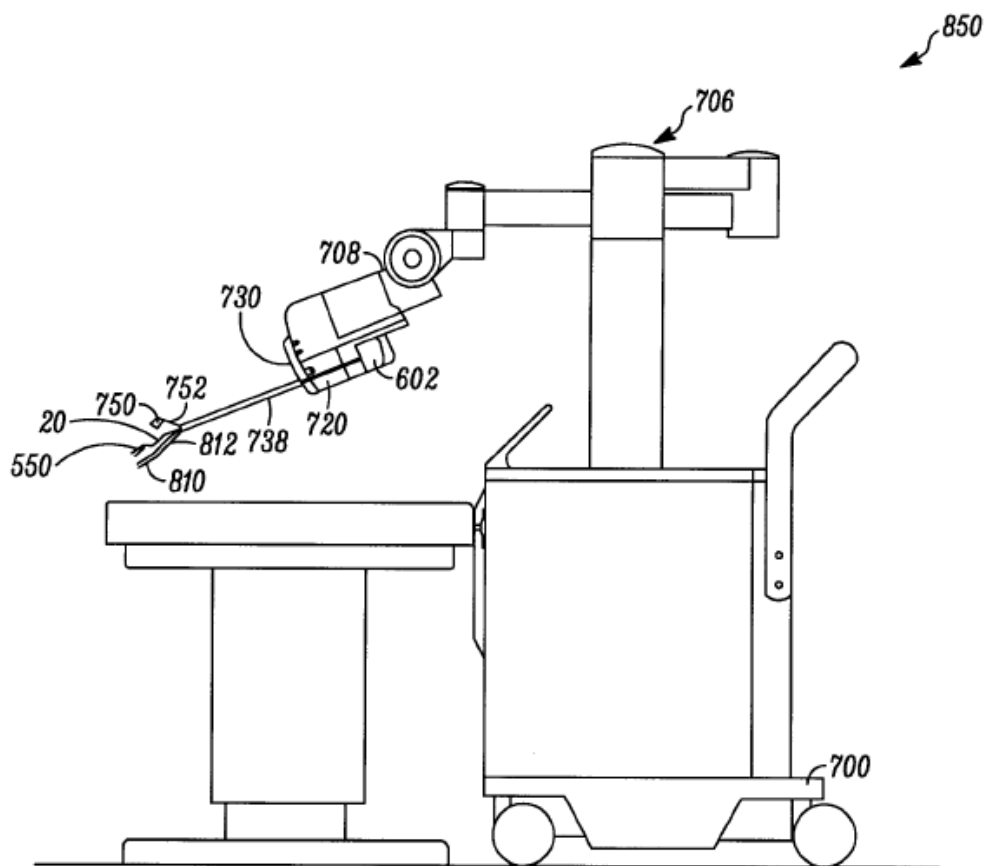


FIG. 29

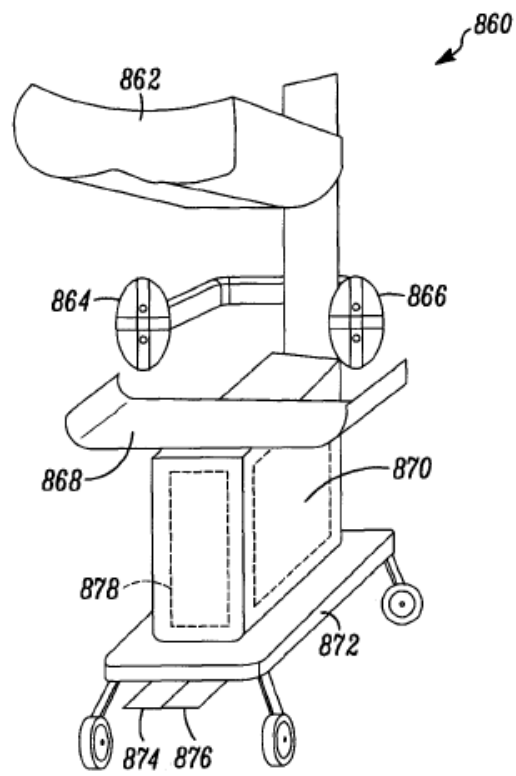


FIG. 30

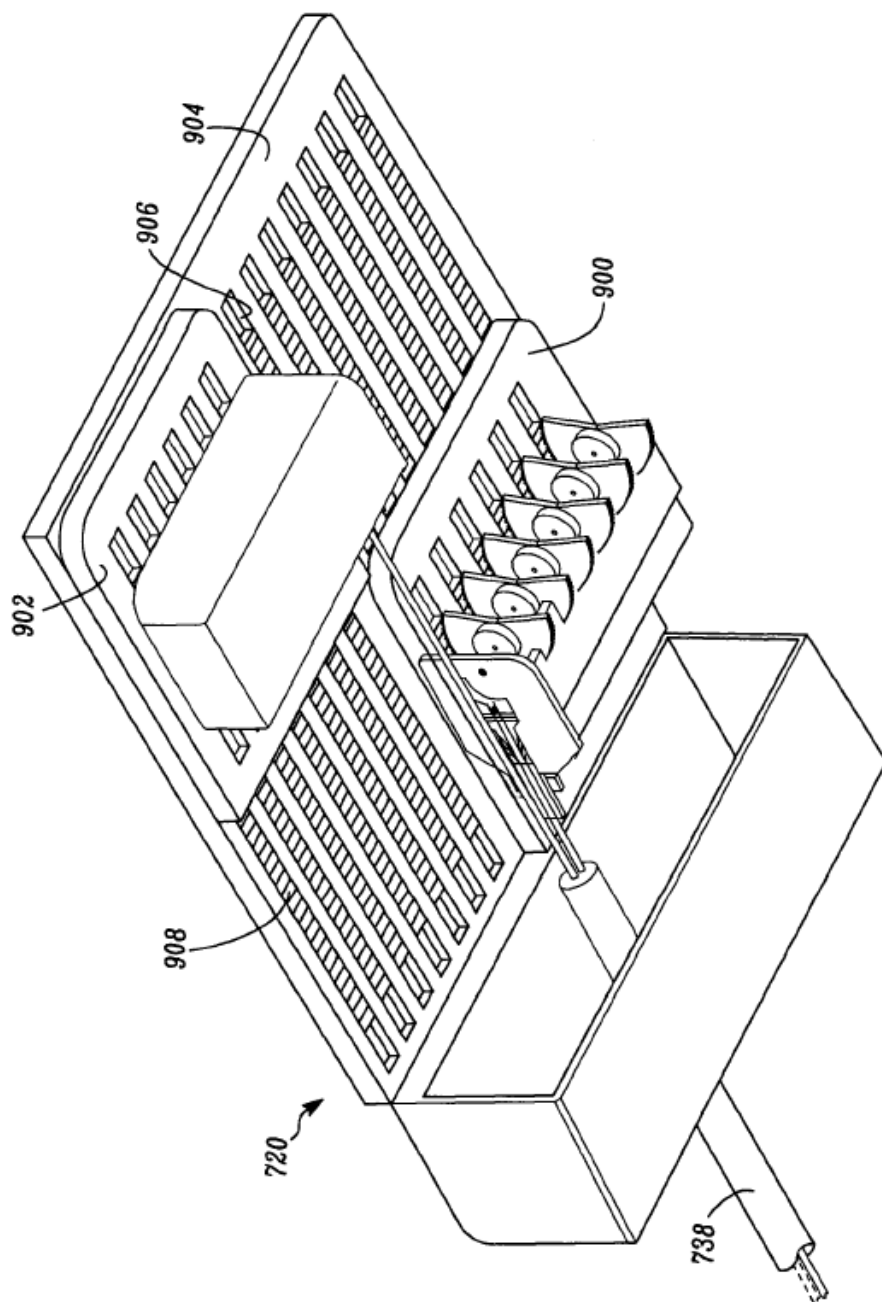


FIG. 31

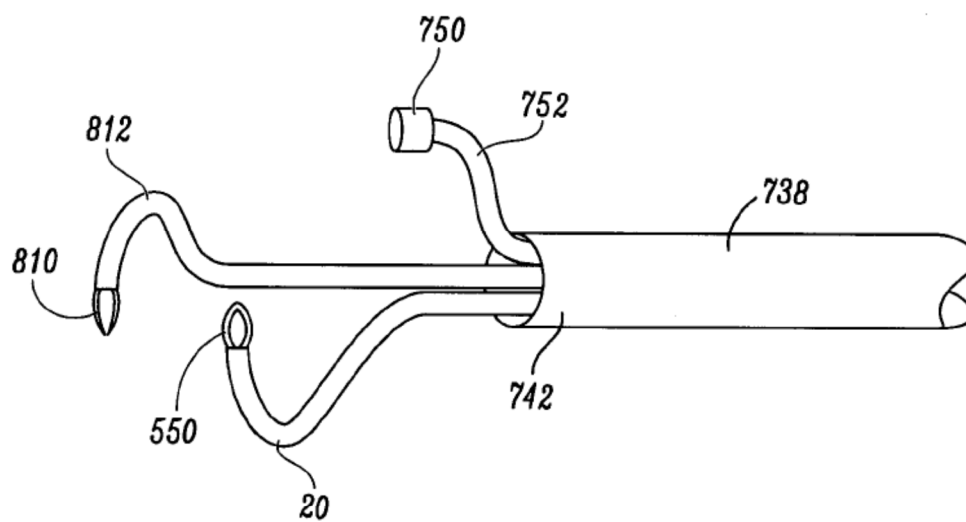


FIG. 32