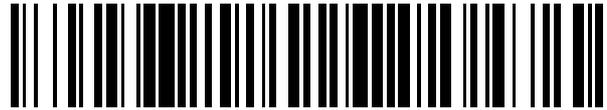


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 443 015**

51 Int. Cl.:

**A61B 17/29** (2006.01)

**A61B 19/00** (2006.01)

**B25J 9/10** (2006.01)

**B25J 15/04** (2006.01)

**B25J 18/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.1996 E 07016418 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2013 EP 1864615**

54 Título: **Manipulador quirúrgico para un sistema telerrobótico**

30 Prioridad:

**07.06.1995 US 485587**

**07.06.1995 US 487020**

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

**17.02.2014**

73 Titular/es:

**SRI INTERNATIONAL (100.0%)  
333 Ravenswood Avenue  
Menlo Park, CA 94025-3493, US**

72 Inventor/es:

**JENSEN, JOEL F. y  
HILL, JOHN W.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 443 015 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).

## DESCRIPCION

Manipulador quirúrgico para un sistema telerrobótico

Antecedentes de la invención

5 Esta invención se refiere a manipuladores quirúrgicos y, más particularmente, a un aparato asistido robóticamente para utilizarse en cirugía.

10 En la cirugía laparoscópica tradicional, el abdomen del paciente se insufla con gas y se pasan manguitos de trocar a través de pequeñas incisiones (aproximadamente 12,7 mm (1/2 pulgada)) para proporcionar orificios de entrada para los instrumentos quirúrgicos laparoscópicos. Los instrumentos quirúrgicos laparoscópicos incluyen en general un laparoscopio para observar el campo quirúrgico y útiles de trabajo tales como pinzas, agarradores, tijeras, grapadoras y porta-agujas. Los útiles de trabajo son similares a los utilizados en la cirugía convencional (abierta), excepto que el extremo de trabajo de cada útil estar separado de su asidero por un tubo de extensión de aproximadamente 305 mm (12 pulgadas) de longitud. Para llevar a cabo procedimientos quirúrgicos, el cirujano pasa los instrumentos a través de los manguitos de trocar y los manipula en el interior del abdomen haciéndoles deslizar hacia dentro y fuera a través de los manguitos, haciéndolos girar en los manguitos, apalancando (es decir, pivotando) los manguitos en la pared abdominal y haciendo actuar efectores periféricos en el extremo distal de los instrumentos.

20 En la cirugía asistida robóticamente y en cirugía telerrobótica (procedimientos ambos abiertos y endoscópicos), la posición de los instrumentos quirúrgicos es controlada por servomotores en lugar de hacerlo directamente de forma manual o con pinzas fijas. Los servomotores siguen los movimientos de las manos del cirujano a medida que éste manipula los dispositivos de control de entrada y observa la operación por medio de una imagen exhibida desde una posición que puede ser distante del paciente. Los servomotores forman habitualmente parte de un dispositivo electromecánico o manipulador quirúrgico que soporta y controla los instrumentos quirúrgicos que han sido introducidos directamente en un sitio quirúrgico abierto o a través de manguitos de trocar dentro del cuerpo, tal como el abdomen del paciente. Durante la operación, el manipulador quirúrgico proporciona accionamiento mecánico y control de una variedad de instrumentos quirúrgicos, tales como agarradores de tejidos, impulsores de agujas, etc, cada uno de los cuales realiza diversas funciones para el cirujano, es decir, para sostener o impulsar una aguja, agarrar un vaso sanguíneo o diseccionar tejido.

30 Este nuevo método de realización de telecirugía a través de la manipulación a distancia dará lugar a muchos nuevos desafíos. Uno de tales desafíos reside en la transmisión de sensaciones de posición, fuerza y táctiles desde el instrumento quirúrgico de nuevo a las manos del cirujano a medida que éste hace funcionar el sistema telerrobótico. Al contrario que otras técnicas de manipulación a distancia, la telecirugía puede hacer que el cirujano tenga la sensación de que está manipulando los instrumentos quirúrgicos directamente con la mano. Por ejemplo, cuando el instrumento se acopla con una estructura de tejido u órgano dentro del paciente, el sistema será capaz de detectar la fuerza de reacción contra el instrumento y transmitir dicha fuerza a los dispositivos de control de entrada. De esta manera, el cirujano puede ver como el instrumento contacta con la estructura del tejido en la imagen exhibida de forma visual y siente directamente la presión de este contacto en los dispositivos de control de entrada. Sin embargo, la consecución de una realimentación adecuada puede ser problemática debido a otros factores que actúan sobre el sistema, tales como fricción dentro de los mecanismos telerrobóticos, fuerza de gravedad e inerciales que actúan sobre el manipulador quirúrgico o fuerzas ejercidas sobre un manguito de trocar por la incisión quirúrgica.

45 Además, para lograr una telecirugía eficaz, el manipulador ha de ser altamente sensible y debe ser capaz de seguir con precisión incluso los movimientos de las manos que son más rápidos que los utilizados frecuentemente por el cirujano en la realización de procedimientos quirúrgicos. Para conseguir este comportamiento rápido y sensible, debe diseñarse un servosistema telerrobótico que tenga un ancho de banda apropiadamente elevado lo cual requiere que el manipulador sea diseñado para presentar una baja inercia y utilizar motores de accionamiento con una relación de transmisión relativamente baja o acoplamientos por poleas.

50 Otro desafío de la telecirugía se deriva del hecho de que una porción del manipulador quirúrgico electromecánico estará en contacto directo con los instrumentos quirúrgicos y estará también situada en posición adyacente al punto de operación. En consecuencia, el manipulador quirúrgico puede llegar a quedar contaminado durante la cirugía y habitualmente se desecha o se esteriliza entre las operaciones. Como es lógico, desde un punto de vista económico, sería preferible esterilizar el dispositivo. Sin embargo, los servomotores, sensores y conexiones eléctricas que se necesitan para controlar robóticamente los motores no pueden ser esterilizados habitualmente empleando métodos convencionales, por ejemplo, vapor de agua, calor y presión o productos químicos, debido a que resultarían dañados o destruidos en el proceso de esterilización.

55 Otro desafío más es que distintos instrumentos quirúrgicos se unirán y desunirán del mismo porta-instrumento un

número de veces durante una operación. En los procedimientos laparoscópicos, por ejemplo, el número de orificios de entrada en el abdomen del paciente es limitado generalmente durante la operación debido a limitaciones de espacio, así como al deseo de evitar incisiones innecesarias en el paciente. De este modo, habitualmente se introducirá un número de diferentes instrumentos quirúrgicos a través del mismo manguito de trocar durante la operación. Similarmente, en cirugía abierta, generalmente no existe suficiente espacio alrededor del punto quirúrgico para situar más de uno o dos manipuladores quirúrgicos y, por tanto, el asistente del cirujano se verá obligado a retirar frecuentemente instrumentos del porta y cambiarlos por otros útiles quirúrgicos.

En consecuencia, lo que se necesita es un sistema y método para sostener y manipular instrumentos quirúrgicos con control remoto y para acoplar de forma liberable un instrumento quirúrgico en un porta-instrumento. El aparato deberá estar configurado para una fácil esterilización, de manera que pueda reutilizarse una vez que ha quedado contaminado durante una operación. El aparato deberá ser capaz además de proporcionar al cirujano la adecuada realimentación de fuerzas transmitidas hacia y desde el instrumento quirúrgico durante la operación telerrobótica y deberá estar configurado para compensar las fuerzas gravitacionales que actúan sobre el aparato, de modo que dichos factores no pueden ser sentidos por el cirujano. Además, el aparato deberá ser altamente sensible y ha de ser capaz de seguir con precisión los movimientos de las manos que incluso son más rápidos que los utilizados frecuentemente por el cirujano en la realización de procedimientos quirúrgicos. Por otro lado, sería también deseable proporcionar un sistema configurado para acoplar y desacoplar rápida y fácilmente el instrumento del porta para reducir al mínimo el tiempo de intercambio del instrumento durante la cirugía endoscópica.

La EP 0621009 describe fórceps quirúrgicos manuales que tienen mordazas que se pueden mover por medio de un asidero de disparador manual por vía de un eje de accionamiento acoplado a las mordazas.

La WO 95/03001 describe un instrumento quirúrgico que tiene un mango, un cilindro y una punta efectora extrema de trabajo. El cilindro es en general tubular estando uno de los extremos conectado de forma liberable al mango. El efector extremo está unido de manera móvil al otro extremo del cilindro y puede ser situado y operado independientemente a través de múltiples elementos de articulación conectados a una fuente de potencia motriz alojada en o unida al mango. El instrumento es operado y controlado por un microprocesador, un controlador multidimensional o contactos eléctricos incluidos en el mango. En la modalidad preferida, el efector extremo es de tipo tijera, pero pueden unirse al mango otros efectores extremos tales como asideros, mordazas, disectores o accionadores de aguja.

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un aparato para su uso en un sistema quirúrgico robótico como se indica en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para su uso en un sistema quirúrgico robótico que comprende: un instrumento quirúrgico y un conjunto manipulador que tiene un porta-instrumento que está montado de forma liberable en una base y un conjunto de accionamiento para manipular el instrumento quirúrgico, que está acoplado de forma liberable al porta-instrumento, en al menos dos grados de libertad; en donde el instrumento quirúrgico comprende: un eje que tiene un extremo distal y un extremo proximal; un efector extremo accionable en el extremo distal de dicho eje; al menos un elemento alargado conectado al efector extremo para causar el accionamiento de dicho efector extremo en respuesta al movimiento de al menos uno de dichos elementos alargados; y al menos un cuerpo accionado dispuesto en el extremo proximal de dicho eje, estando acoplado al menos uno de dichos cuerpos accionados a al menos uno de dichos elementos alargados de manera que el accionamiento de al menos uno de dichos cuerpos accionados causa el movimiento de al menos uno de dichos elementos alargados; en donde dicho conjunto de accionamiento comprende un cuerpo de accionamiento rotativo acoplable con al menos uno de dichos cuerpos accionados, siendo al menos uno de dichos cuerpos accionados accionable selectivamente por al menos uno de dichos cuerpos de accionamiento rotativo cuando dichos cuerpos accionados y de accionamiento se acoplan operativamente; en donde al menos uno de dichos cuerpos accionados puede acoplarse de manera liberable al conjunto de accionamiento; y en donde dicho conjunto manipulador está soportado por un posicionador centrador remoto que proporciona dos grados de libertad para posicionar el conjunto manipulador y constreñir el conjunto manipulador, durante su uso, para girar alrededor de un orificio de entrada.

De acuerdo con una modalidad, se proporcionan un aparato y un método para sostener y manipular de forma liberable un instrumento quirúrgico durante una operación abierta convencional o durante procedimientos endoscópicos, tal como laparoscopia. El aparato incluye un conjunto manipulador que tiene un porta-instrumento acoplado de forma liberable a un conjunto de accionamiento, de manera que el porta pueda ser esterilizado. El conjunto incluye además un elemento sensor de fuerza montado en posición distal con respecto al porta y al conjunto de accionamiento, para detectar las fuerzas ejercidas sobre el instrumento quirúrgico y proporcionar una realimentación de las mismas al cirujano. Esta modalidad está dirigida también a un sistema y método para sostener de forma liberable un instrumento quirúrgico. El sistema incluye un soporte del instrumento para inmovilizar automáticamente pasadores de montaje en el instrumento dentro de ranuras de bloqueo en el porta-instrumento,

para acoplar de forma liberable el instrumento con el porta. Por medio de un movimiento de bloqueo por torsión, el cirujano puede acoplar y desacoplar rápidamente varios instrumentos del porta durante un procedimiento quirúrgico, tal como cirugía abierta, laparoscopia o toracoscopia.

5 En una modalidad, el aparato comprende una base de soporte que puede fijarse a una superficie, tal como una mesa de operaciones, por medio de varios dispositivos posicionadores accionados de forma pasiva o mecánica, y un porta-instrumento que puede montarse de forma móvil sobre la base. El porta-instrumento comprende un cuerpo y un soporte del instrumento acoplado de forma móvil al cuerpo y que presenta una interfase que puede acoplarse con el instrumento quirúrgico para montar de forma liberable el instrumento en el porta-instrumento. Un conjunto de accionamiento está acoplado operativamente al porta-instrumento para aportar al instrumento al menos dos grados de libertad. El conjunto de accionamiento incluye un primer accionamiento para mover el soporte del instrumento y un segundo accionamiento para mover el porta-instrumento con respecto a la base del soporte. El aparato incluye medios para acoplar de forma liberable el porta-instrumento con la base y el conjunto de accionamiento, de manera que el porta pueda separarse del resto del dispositivo y esterilizarse después de un procedimiento quirúrgico.

15 En una configuración específica, la base del soporte incluye un bastidor con elementos de soporte distal y proximal y un par de ejes montados rotativamente dentro de los elementos de soporte. El porta-instrumento está montado de forma deslizante en los ejes de los soportes para mover axialmente el instrumento. Además, los ejes están cada uno de ellos acoplados a un motor de accionamiento para aportar al instrumento un segundo y un tercer grados de libertad, por ejemplo, rotación y accionamiento del efector periférico. Los motores de accionamiento están acoplados al elemento de soporte proximal, de manera que los mismos no resultarán contaminados durante la cirugía. Los ejes rotativos pueden ser retirados haciéndolos deslizar hacia arriba y fuera del acoplamiento con sus cojinetes inferiores y porta-instrumento, de manera que el porta-instrumento puede ser separado fácilmente de la base del soporte para su esterilización. La porción inferior de la base del soporte (que incluye el elemento de soporte distal) también se puede esterilizar para descontaminar aquellas partes que han estado en contacto con el porta-instrumento. De esta manera, el manipulador quirúrgico puede ser esterilizado fácilmente después de un procedimiento quirúrgico sin dañar los servomotores o las conexiones eléctricas requeridas para el sistema telerrobótico.

La base del soporte comprende además un manguito, tal como un manguito de cánula o trocar, montado en el elemento de soporte distal. El manguito tiene un paso axial para recibir el instrumento a través del mismo y un elemento sensor de fuerza montado dentro del paso axial cerca del extremo distal del manguito. El elemento sensor de fuerza está configurado para detectar fuerzas laterales ejercidas sobre el elemento por la porción distal del instrumento durante la cirugía. Puesto que el elemento sensor de fuerza está montado en posición distal respecto al resto del aparato, el mismo no resulta perturbado por las fuerzas que puedan ser ejercidas sobre la cánula por la incisión quirúrgica o por las fuerzas de gravedad y de inercia que actúan sobre el porta-instrumento. Cuando está soportado por un dispositivo posicionador, el manipulador quirúrgico se puede emplear con inclinómetro para determinar la orientación verdadera del porta-instrumento con respecto a la dirección del campo gravitacional local. El uso del inclinómetro y de sensores de fuerza con el manipulador facilita el diseño de un sistema telerrobótico en donde el cirujano detectará directamente las fuerzas que actúan contra el extremo del instrumento, sin ser afectado por fuerzas extrañas que actúan sobre el mecanismo telerrobótico. En otras palabras, el cirujano sentirá como si sus manos están sosteniendo el instrumento en el momento en el cual el instrumento entra en contacto con el elemento sensor de fuerza.

40 Una modalidad resulta particularmente útil para sostener y manipular un instrumento quirúrgico que tiene un efector periférico, tal como un par de mordazas, acoplado al extremo distal del eje del instrumento. Para ese fin, el porta-instrumento incluye además un accionador que tiene una interfase que puede acoplarse con un accionador del efector periférico en el instrumento. El accionador incluye un acoplamiento que conecta el accionador con el conjunto de accionamiento para mover axialmente una porción del accionador con respecto a la base del soporte, accionando con ello al efector periférico del instrumento. En una configuración preferida, el acoplamiento consiste en un accionador helicoidal concéntrico que traduce la rotación desde un motor de accionamiento a un movimiento axial del accionador del efector periférico. Debido al diseño simétrico del accionador helicoidal, la fuerza de accionamiento aplicada por el motor de accionamiento no generará cargas laterales eficaces sobre el instrumento, lo cual evita el acoplamiento friccional con otros grados de libertad tal como movimiento axial y rotación del instrumento.

50 En otro ejemplo, el instrumento comprende un eje alargado con extremos proximal y distal y un medio de montaje que tiene un saliente que se extiende radialmente desde el eje entre los extremos proximal y distal. Un porta-instrumento comprende un soporte que tiene un cuerpo con un paso axial para recibir el eje del instrumento y un primer agujero en comunicación con el paso axial para recibir el saliente. Un segundo agujero está practicado en el cuerpo transversalmente al primer agujero y en comunicación con este último, de manera que el saliente puede ser girado dentro del segundo agujero. Para evitar que el instrumento realice una torsión accidental y con ello se desacople del porta-instrumento durante la cirugía, el porta incluye además un medio de bloqueo acoplado al cuerpo para inmovilizar automáticamente el saliente dentro del segundo agujero, reteniendo con ello de forma liberable el instrumento en el porta-instrumento.

En una configuración preferida, el saliente del medio de montaje comprende un par de brazos opuestos, tales como

5 pasadores de montaje, que se extienden hacia el exterior desde el eje del instrumento. El primer agujero es una ranura que se extiende axialmente para recibir los pasadores de montaje y el segundo agujero es una ranura de bloqueo perpendicular que tiene una primera porción alineada con la ranura axial y una segunda porción que se extiende circunferencialmente alrededor del cuerpo del soporte del instrumento. Con esta configuración, los pasadores de montaje pueden ser deslizados a través de la ranura axial y girados en la ranura de bloqueo para acoplar el instrumento en el porta. El instrumento puede ser separado realizando las mismas dos etapas pero en orden inverso. Con este movimiento de bloqueo por torsión, el cirujano puede acoplar y desacoplar rápidamente varios instrumentos del porta-instrumento durante un procedimiento quirúrgico.

10 El medio de bloqueo comprende preferentemente un conjunto de pestillo liberable para inmovilizar los pasadores de montaje en el porta-instrumento. El conjunto de pestillo incluye un percutor accionado por resorte y acoplado a un pestillo que normalmente bloquea el instrumento en su sitio al capturar el pasador de montaje en la ranura de bloqueo. El percutor tiene un botón que se extiende hacia el exterior desde el porta-instrumento para retirar el pestillo de la ranura de bloqueo. El botón puede ser oprimido manual o automáticamente para liberar los pasadores de montaje y permitir el intercambio de instrumento cuando el cirujano tiene un fácil acceso al instrumento.

15 Las modalidades son particularmente útiles para sostener de forma liberable un instrumento endoscópico configurado para introducirse a través de una pequeña penetración percutánea al interior de una cavidad del cuerpo, por ejemplo, la cavidad abdominal o torácica. Para ese fin, el instrumento incluye preferentemente un efector periférico, tal como un par de mordazas, acoplado al extremo distal para acoplarse con una estructura de tejido dentro de la cavidad del cuerpo. Para accionar el efector periférico, el instrumento tiene un segundo par de brazos, tales como pasadores accionadores, que se extienden lateralmente desde el eje y acoplados operativamente con el efector periférico. Con preferencia, los pasadores accionadores son axialmente desplazables con respecto al eje para accionar el efector periférico (por ejemplo, para abrir y cerrar las mordazas). El porta-instrumento incluye además un accionador acoplado de forma liberable con los brazos accionadores y con accionador externo para accionar el efector periférico. El accionador incluye preferentemente una interfase de bloqueo por torsión que tiene  
20 ranuras transversales similares a las descritas para el soporte del instrumento, de manera que el instrumento se puede acoplar o desacoplar simultáneamente tanto del soporte del instrumento como del accionador.  
25

Otras características y ventajas se desprenderán de las siguiente descripción en donde se ofrece con detalle la modalidad preferida en combinación con los dibujos adjuntos.

#### Breve descripción de los dibujos

30 La figura 1 es una vista en alzado en sección parcial de un instrumento quirúrgico endoscópico robótico montado en un conjunto manipulador de acuerdo con la presente invención.

La figura 1A es una vista en alzado en sección parcial del conjunto manipulador de la figura 1 y que ilustra la separación de un porta-instrumento del resto del conjunto.

35 Las figuras 2A y 2B son vistas en sección transversal lateral y frontal, aumentadas, respectivamente, del instrumento quirúrgico de la figura 1.

Las figuras 3A y 3B son vistas en perspectiva de un soporte del instrumento y de un enganche de pasadores accionadores, respectivamente, para montar de forma liberable el instrumento quirúrgico en el conjunto manipulador.

La figura 4 es una vista en alzado frontal del instrumento quirúrgico montado dentro del soporte del instrumento y del enganche de los pasadores accionadores de las figuras 3A y 3B.

40 La figura 5 es una vista en alzado frontal de un accionador para proporcionar el movimiento axial del enganche de los pasadores accionadores de la figura 3B.

Las figuras 6A y 6B son vistas en sección transversal aumentadas de un conjunto de carro accionador y de un accionador helicoidal del accionador de la figura 5.

45 La figura 7 es un detalle aumentado de una porción del bastidor del conjunto manipulador de la figura 1 que ilustra un mecanismo de acoplamiento para separar los ejes del bastidor.

La figura 8 es una vista en sección transversal parcial del soporte del instrumento de la figura 3A que ilustra un mecanismo de bloqueo para una interfase de bloqueo por torsión de acuerdo con la presente invención.

La figura 9 es una vista en alzado de un aparato auxiliar no incluido en la presente invención, un aparato centrador remoto para mantener el conjunto manipulador de la figura 1.

## Descripción de las modalidades preferidas

Con referencia detallada a los dibujos, en donde números iguales representan elementos también iguales, se ilustra un conjunto manipulador 2 según los principios de la invención. El conjunto manipulador 2 incluye en general un porta-instrumento 4 montado de forma liberable en una base 6 y un conjunto de accionamiento 7 para manipular un instrumento quirúrgico 14 acoplado de forma liberable en el porta-instrumento 4.

Con referencia a la figura 1, la base 6 comprende un bastidor 16 que tiene elementos de soporte alargados proximal y distal 17, 19 y un primero y un segundo ejes estriados esféricos 18, 20 acoplados rotativamente en los elementos de soporte 17, 19 por medio de los cojinetes 22. El bastidor 16 incluye además una ménsula de soporte 24 para unir el conjunto manipulador 2 a un aparato centrador remoto 300, como se expondrá con mayor detalle más adelante (véase la figura 9). El conjunto de accionamiento 7 comprende un primero, segundo y tercero accionamientos 8, 10, 12, que están dispuestos en el bastidor 16 y configurados para proporcionar tres grados de libertad en el instrumento quirúrgico 14. En la modalidad preferida, el primer accionamiento 8 gira el instrumento 14 alrededor de su propio eje, el tercer accionamiento 10 acciona a un efector periférico 120 en el extremo distal del instrumento 14 y el segundo accionamiento 12 desplaza axialmente el instrumento 14 con respecto al bastidor 16. Como es lógico, los expertos en la materia podrán reconocer fácilmente que son posibles otras configuraciones. por ejemplo, el conjunto 2 puede incluir otros accionamientos para proporcionar otros grados de libertad en el instrumento quirúrgico 14, tal como rotación y flexión de una muñequilla del instrumento.

El primer accionamiento 8 comprende un motor de accionamiento rotativo 26 fijado en el bastidor 16 y acoplado al primer eje 18 mediante una correa de transmisión 28 para girar el primer eje 18 con respecto al bastidor 16. El segundo accionamiento 10 comprende un motor de accionamiento de agarre 30 fijado en el bastidor 16 y acoplado al segundo eje 20 mediante una correa de transmisión 32 para girar el segundo eje 20 con respecto al bastidor 16. El tercer accionamiento 12 comprende un motor de accionamiento vertical 34 acoplado al porta-instrumento 4 por medio de una correa de transmisión 36 y dos poleas 38 para desplazar axialmente el porta-instrumento 4 con respecto al bastidor 16. Los motores de accionamiento 26, 30, 34 están acoplados preferentemente a un mecanismo controlador por vía de electrónica de servo-control (no mostrada) para formar un sistema telerrobótico de funcionamiento del instrumento quirúrgico 14 con control remoto. Los motores de accionamiento siguen los movimientos de las manos del cirujano a medida que éste manipula los dispositivos de control de entrada en una posición que puede ser distante del paciente. Un sistema telerrobótico adecuado para controlar los motores de accionamiento se describe en la solicitud copendiente cedida legalmente No. de serie 08/823.932 presentada el 1/21/92 TELEOPERATOR SYSTEMA AND METHOD WITH TELEPRESENCE, publicada como US 5 808 665.

El servosistema telerrobótico antes descrito tiene preferentemente un ancho de banda con una frecuencia de corte a 3 dB de al menos 10 hz, de manera que el sistema puede responder con rapidez y precisión a los movimientos rápidos de las manos realizados por el cirujano. Para trabajar eficazmente con este sistema, el porta-instrumento 4 tiene una inercia relativamente baja y los motores de accionamiento 26, 30, 34 tienen una relación de transmisión relativamente baja o acoplamientos por poleas.

En una modalidad específica, el instrumento quirúrgico 14 es un instrumento endoscópico configurado para introducirse a través de una perforación percutánea al interior de una cavidad del cuerpo, tal como la cavidad abdominal o torácica. En esta modalidad, el conjunto manipulador 2 soporta una cánula 50 en el elemento de soporte distal 19 del bastidor 16 para situarse en la incisión de entrada durante un procedimiento quirúrgico endoscópico (puede apreciarse que la cánula 50 se ilustra de forma esquemática en la figura 1 y habitualmente será mucho más larga). La cánula 50 es preferentemente un manguito de trocar estanco a los gases, convencional, adaptado para cirugía laparoscópica, tal como resección de colon y funduplicación de Nissen.

Como se muestra en la figura 1, la cánula 50 incluye preferentemente un elemento sensor de fuerza 52, tal como un medidor de deformaciones o un resistor sensor de fuerza, dispuesto en un cojinete anular 54 dentro de la cánula 50. El cojinete 54 soporta al instrumento 14 durante la cirugía, permitiendo que el instrumento pueda girar y moverse axialmente a través del ánima central del cojinete 54. El cojinete 54 transmite las fuerzas laterales ejercidas por el instrumento 14 al elemento sensor de fuerza 52, el cual está conectado operativamente al mecanismo controlador para transmitir dichas fuerzas a los dispositivos de control de entrada (no mostrados) mantenidos por el cirujano en el sistema telerrobótico. De esta manera, las fuerzas que actúan sobre el instrumento 14 pueden ser detectadas sin perturbaciones derivadas de las fuerzas que actúan sobre la cánula 50, tal como el tejido que rodea a la incisión quirúrgica, o bien por fuerzas de gravedad y de inercia que actúan sobre el conjunto manipulador 2. Esto facilita el uso del conjunto manipulador en un sistema robótico debido a que el cirujano detecta directamente las fuerzas que actúan contra el extremo del instrumento 14. Como es lógico, las fuerzas gravitacionales que actúan sobre el extremo distal del instrumento 14 serán también detectadas por el elemento sensor de fuerza 52. Sin embargo, dichas fuerzas serán también detectadas por el cirujano durante la manipulación directa del instrumento.

Como se muestra en la figura 1, el porta-instrumento 4 comprende un chasis 60 montado en los ejes 18, 20 por medio de cojinetes estriados esféricos 62, 64, de manera que el chasis 60 se puede mover axialmente con respecto a los ejes 18, 20, pero no puede girar con los ejes 18, 20. El chasis 60 está construido preferentemente de un

material que aguantará la exposición a los procesos de esterilización a elevada temperatura, tal como acero inoxidable, de manera que el chasis 60 puede ser esterilizado después de un procedimiento quirúrgico. El chasis 60 incluye una cavidad central 66 para recibir el instrumento quirúrgico 14 y un brazo 68 que se extiende lateralmente desde el chasis 60. El brazo 68 está fijado a la correa de transmisión 36, de modo que la rotación de la correa de transmisión 36 causa el movimiento del porta-instrumento 4 en la dirección axial a lo largo de los ejes 18, 20.

El porta-instrumento 4 está acoplado de forma liberable a la base 6 y a los motores de accionamiento, de modo que el porta-entero 4 puede ser retirado y esterilizado por métodos convencionales, tales como vapor de agua, calor y presión, productos químicos, etc. En la configuración preferida, el brazo 68 incluye un conmutador eléctrico de palanca de dos direcciones 69 que puede ser girado para liberar el brazo 68 respecto de la correa de transmisión 36 (figura 1). Además, los ejes 18, 20 están acoplados de forma liberable a los cojinetes 22, de manera que los ejes pueden extraerse axialmente de los elementos de soporte 17, 19 del bastidor 16, como se muestra en la figura 1A. Para este fin, los cojinetes distales 22 incluyen preferentemente un mecanismo de acoplamiento para poder retirar los ejes 18, 20. Como se muestra en la figura 7, el elemento de soporte distal 19 incluye un collarín de soporte 71 dentro de cada cojinete distal 22 que tiene un ánima interior 72 para el paso de uno de los ejes 18, 20. Cada collarín de soporte 71 tiene una acanaladura interna 73 y los ejes 18, 20 tienen cada uno de ellos una acanaladura anular 74 (véase la figura 1A) cerca de sus extremos inferiores y que queda alineada con las acanaladuras internas 73 cuando los ejes se montan de forma adecuada dentro del bastidor 16 (figura 1). Una presilla elástica 75 está situada dentro de cada acanaladura interna 73 para retener cada eje 18, 20 dentro del respectivo collarín de soporte 71. La presilla elástica 74 tiene una discontinuidad (no mostrada) para permitir la retirada de los ejes 18, 20 tras la aplicación de una fuerza axial de umbral a los ejes.

Para retirar el porta-instrumento 4 de la base 6, el cirujano gira el conmutador de palanca 69 para liberar el brazo 68 respecto de la correa de transmisión 36 y separa las correas de transmisión 28, 32 respecto de los accionamientos 8, 10. Como se muestra en la figura 1A, el cirujano sostiene el porta-instrumento 4 y empuja los ejes 18, 20 hacia arriba, proporcionando una fuerza suficiente para liberar las presillas elásticas 75. Los ejes 18, 20 se desacoplan de los cojinetes distales 22 y deslizarán a través de los cojinetes estriados esféricos 62, 64, de manera que el porta-instrumento 4 se desconecta de la base 6. Ha de entenderse que la invención no queda limitada a los medios antes descritos para acoplar de forma liberable el porta-instrumento 4 a la base 6 y conjunto de accionamiento 7. Por ejemplo, el elemento de soporte distal 19 se puede acoplar de forma liberable al resto del bastidor 16, de manera que el cirujano simplemente retira el elemento 19 y desliza el porta hacia abajo y fuera de los ejes 18, 20. El elemento de soporte proximal 17 se puede acoplar de forma liberable al bastidor 16 de un modo similar. Alternativamente, los motores de accionamiento pueden estar alojados en una servo-caja separada (no mostrada) que está unida de forma liberable a la base 6. En esta configuración, la servo-caja se retirará de la base 6 de modo que pueda esterilizarse toda la base 6, junto con el porta 4.

La porción inferior de la base 6 (incluyendo el elemento de soporte distal 19) también se puede esterilizar para descontaminar aquellas partes que han entrado en contacto con el porta 4 o instrumento 14 (por ejemplo, por inmersión de la porción inferior de la base 6 en un baño de esterilización). Para facilitar este tipo de esterilización, los ejes 18, 20 serán preferentemente de una longitud algo mayor que la mostrada en la figura 1, de manera que la porción superior de la base 6, incluyendo el conjunto de accionamiento 7, queda dispuesta lo suficientemente retirada del porta 4 e instrumento 14. De este modo, el manipulador quirúrgico puede ser esterilizado fácilmente después de un procedimiento quirúrgico sin dañar los motores de accionamiento o las conexiones eléctricas requeridas para el sistema telerrobótico.

El porta-instrumento 4 incluye además un soporte 70 del instrumento (véase detalles en la figura 3A), para acoplar de forma liberable el instrumento quirúrgico 14 en el conjunto manipulador. El soporte 70 del instrumento está montado rotativamente dentro del chasis 60 por medio de cojinetes de montaje 74, de manera que el soporte 70 y el instrumento pueden girar en los mismos. Como se muestra en la figura 1, el soporte 70 está circunscrito por un engranaje anular 76 que tiene dientes que engranan con los dientes de un engranaje impulsor 78 montado en el primer eje 18. El engranaje impulsor 78 está configurado alrededor del primer eje 18 de tal manera que girará con el primer eje 18, girando con ello el soporte 70 del instrumento y con éste el instrumento quirúrgico. El engranaje impulsor 78 está configurado también para moverse axialmente con respecto al primer eje 18, para permitir el movimiento axial del porta-instrumento 4 con respecto al bastidor 16.

El porta-instrumento 4 incluye además un accionador 80 (véanse detalles en la figura 5) montado de forma móvil dentro de ranuras de guía axiales 82 en cualquier lado del chasis 60. El accionador 80 comprende un accionador helicoidal 84 (véanse detalles en la figura 6B) que tiene un engranaje anular 86 que engrana con un engranaje impulsor de agarre 88 montado en el segundo eje 20. La rotación del segundo eje 20 causa la rotación del engranaje impulsor de agarre 88, girando con ello el engranaje anular 86 y el accionador helicoidal 84 dentro del chasis 60. El accionador 80 incluye además un conjunto de carro accionador (véanse detalles en la figura 6A) para acoplar de forma liberable un accionador del efector periférico del instrumento quirúrgico 14 al porta-instrumento 4 (véase figura 2). El conjunto de carro 90 está montado dentro del accionador helicoidal 84 y chasis 60, de modo que la rotación del accionador helicoidal 84 causa el correspondiente movimiento axial del conjunto de carro 90 con respecto al chasis 60, como se expondrá más adelante con mayor detalle.

Las figuras 2A y 2B ilustran una modalidad específica de un instrumento quirúrgico endoscópico 14 capaz de ser operado por un manipulador motorizado, tal como el conjunto manipulador 2, para cirugía telerrobótica. El instrumento quirúrgico 14 puede consistir en una variedad de instrumentos endoscópicos convencionales adaptados para ser suministrados a través de una penetración percutánea al interior de una cavidad del cuerpo, tales como sujetadores de tejidos, impulsores de agujas, microtijeras, disectores de electrocauterio, etc. En la modalidad preferida, el instrumento 14 es un sujetador de tejidos que comprende un eje 100 que tiene un extremo proximal 102, un extremo distal 104 y un eje longitudinal 106 entre los mismos. Un asidero moleteado 114 está unido al extremo proximal 102 del eje 100 para facilitar la manipulación del instrumento 14.

El eje 100 es preferentemente un tubo de acero inoxidable que tiene un diámetro exterior de 2-10 mm, normalmente 4-8 mm, con el fin de ajustarse dentro de una cánula que tiene un diámetro interior de 2-15 mm. El eje 100 puede introducirse también directamente a través de una incisión percutánea en el paciente. El eje 100 tiene una longitud seleccionada para alcanzar un sitio diana en una cavidad del cuerpo, tal como el abdomen, y para extenderse lo suficientemente fuera de la cavidad del cuerpo para facilitar una manipulación sencilla del instrumento quirúrgico 14. De este modo, el eje 100 tendrá una longitud comprendida al menos entre 10 cm y 40 cm y con preferencia entre 17 cm y 30 cm. Debe apreciarse que aunque el eje 100 se muestra en los dibujos como teniendo una forma en sección transversal circular, el eje 100 podría tener alternativamente una forma en sección transversal rectangular, triangular, ovalada o acanalada.

En una configuración específica, el eje 100 incluye un medio de montaje para acoplar de forma liberable el instrumento quirúrgico 14 con el soporte 70 del instrumento y con el primer accionamiento 8 del conjunto manipulador 2. En la modalidad preferida, el medio de montaje comprende un par de pasadores de montaje opuestos 116 que se extienden lateralmente hacia el exterior respecto del eje 100. Los pasadores de montaje 116 están conectados de forma rígida al eje 100 y están adaptados para acoplarse con una interfase de bloqueo por torsión en el soporte 70 del instrumento, como se expone detalladamente más adelante. Ha de entenderse que la invención no queda limitada a un par de pasadores opuestos y el medio de montaje puede incluir un solo pasador de montaje o una pluralidad de pasadores que se extienden circunferencialmente alrededor del eje. Alternativamente, los pasadores 116 pueden presentar otras diversas formas, tal como esférica o anular, si así se desea.

El instrumento 14 incluye un efector periférico 120 que se extiende desde el extremo distal 104 para acoplarse con una estructura de tejido del paciente, tal como el abdomen, durante la cirugía laparoscópica. En la modalidad preferida, el efector periférico 120 comprende un par de mordazas 122, 124 que pueden moverse entre posiciones abierta y cerrada para sujetar un vaso sanguíneo, mantener una sutura, etc. Las mordazas 122, 124 tienen preferentemente acanaladuras transversales u otras características de textura (no mostradas) en superficies opuestas, para facilitar el agarre de la estructura de tejido. Para evitar la posibilidad de daños en el tejido al cual se aplican las mordazas 122, 124, las mordazas pueden incluir también medios atraumáticos (no mostrados), tales como manguitos elastómeros hechos de caucho, espuma o gasa quirúrgica, envueltos alrededor de las mordazas 122, 124.

Para mover las mordazas 122, 124 entre las posiciones abierta y cerrada, el instrumento 14 incluye un accionador del efector periférico acoplado de forma liberable al accionador 80 y al segundo accionamiento 10 del conjunto manipulador 2 (véase figura 4). En la modalidad preferida, el accionador del efector periférico comprende un par de pasadores accionadores opuestos 132 que sobresalen lateralmente de ranuras que se extienden axialmente 134 en el eje 100. Los pasadores accionadores 132 están acoplados a una varilla alargada 136 dispuesta de forma deslizante dentro de un lumen interior 138 del eje 100. Los pasadores accionadores 132 pueden deslizarse dentro de las ranuras 134, de manera que la varilla 136 puede moverse axialmente con respecto al eje 100 y pasadores de montaje 116 para abrir y cerrar las mordazas 122, 124, como es convencional en la técnica. La varilla alargada 136 tiene un porción proximal 140 que está dispuesta dentro de un lumen interior 142 dentro del eje 100 para impedir que los pasadores accionadores 132 se muevan en la dirección lateral y para asegurar que la varilla 136 permanezca generalmente centrada dentro del eje 100 durante el procedimiento quirúrgico.

Las mordazas 122, 124 son solicitadas preferentemente a la posición cerrada mediante un resorte de compresión anular 144 situado dentro del eje 100 entre los pasadores accionadores 132 y un disco anular 146 fijado en la superficie interior del eje 100. Durante los procedimientos endoscópicos, esto permite que el equipo quirúrgico pueda introducir las mordazas 122, 124 a través de la cánula 50 (o cualquier otro tipo de penetración percutánea) y al interior de la cavidad del cuerpo sin que lleguen a pegarse dentro de la cánula 50 o dañar al tejido circundante.

Las figuras 3A, 3B y 4 ilustran un mecanismo de bloqueo por torsión para conectar de forma liberable el instrumento quirúrgico 14 al conjunto manipulador 2 de manera que se puedan cambiar distintos instrumentos durante el procedimiento quirúrgico endoscópico. Como se muestra en la figura 3A, el soporte 70 del instrumento comprende un collarín anular 200 que define un ánima central 202 para recibir el eje 100 del instrumento quirúrgico 14. El collarín 200 define además una ranura que se extiende axialmente 204 en comunicación con el ánima 202 y dimensiona para permitir que los pasadores de montaje y accionadores 116, 132 del instrumento 14 puedan deslizarse a través de la misma (véase figura 4). Se han practicado dos ranuras de bloqueo 206 en el collarín anular 200 en un ángulo transversal, preferentemente de 90° aproximadamente, con respecto a la ranura que se extiende axialmente 204

(puede observarse que en la figura 3A sólo se muestra una de las ranuras de bloqueo). Las ranuras de bloqueo 206 intersectan a la ranura 204 cerca del centro del collarín anular 200 y se extiende circunferencialmente alrededor del ánima 202, preferentemente en 90° aproximadamente, para permitir la rotación de ambos pasadores de montaje 116 que pasan a través del mismo, como más adelante se indicará.

5 Como se muestra en las figuras 3A y 8, el soporte 70 del instrumento comprende además medios para inmovilizar los pasadores de montaje 116 en las ranuras de bloqueo 206, de manera que el instrumento no pueda someterse accidentalmente a torsión y con ello se desacople del soporte 70 del instrumento durante la cirugía. Con preferencia, el medio de inmovilización comprende un conjunto de pestillo que tiene un percutor 210 dispuesto deslizantemente dentro de un agujero 212 del collarín 200, como se muestra en la figura 3A. El percutor 210 comprende un pestillo 10 213 en forma de L acoplado a un botón de liberación 214 por una varilla 215 que se extiende a través del agujero 212. El percutor 210 puede moverse entre una primera posición, en donde el pestillo 213 no está dispuesto dentro de las ranuras de bloqueo 206 de manera que los pasadores de montaje 116 queden libres para girar a través de las mismas, y una segunda posición, en donde el pestillo 213 está dispuesto al menos parcialmente dentro de una de las ranuras de bloqueo 206 con el fin de impedir la rotación de los pasadores de montaje 116. El pestillo 113 es solicitado preferentemente a la segunda posición o posición bloqueada mediante un resorte de compresión 216. 15

El botón 214 está dispuesto en la superficie superior del soporte 70 para su accionamiento manual por el cirujano o para su accionamiento automático mediante la base 6. Con preferencia, cuando el porta-instrumento 4 se mueve a su posición más proximal (véase figura 1), el elemento de soporte proximal 17 del bastidor 16 oprime al conmutador de liberación 214 para mover el pestillo 213 a la primera posición o posición abierta. Con esta configuración, los 20 instrumentos pueden ser cambiados únicamente cuando el porta-instrumento se encuentra en la posición más proximal, en donde el eje 100 del instrumento 14 es fácilmente accesible. Además, esto evita la liberación accidental del instrumento cuando su extremo distal ha penetrado en la cánula 50 y queda dispuesto dentro de la cavidad del cuerpo.

Las ranuras de bloqueo axiales y que se intersectan 204, 206 forman una interfase para acoplar de forma liberable los pasadores de montaje 116 del instrumento quirúrgico 14 en el porta-instrumento 4. Para insertar el instrumento 25 14, el cirujano alinea los pasadores de montaje 116 con la ranura axial 204 y desliza el instrumento a través del ánima 202 del collarín anular 200 hasta que los pasadores de montaje 116 quedan alineados con las ranuras de bloqueo 206, como se muestra en la figura 4. Se hace girar entonces el instrumento en una distancia suficiente, preferentemente alrededor de 1/4 de vuelta, a través de las ranuras de bloqueo 206, de manera que los pasadores 30 dejen de estar ya alineados con la ranura axial 204. Cuando el instrumento 14 se mueve axialmente, se libera el conmutador 214 (figura 1) y se mueve el pestillo 213 al interior de las ranuras de bloqueo 206 para impedir que los pasadores de montaje 116 giren de nuevo para quedar alineados con la ranura axial 204, de modo que el instrumento 14 queda asegurado en el soporte 70 del instrumento. Debe apreciarse que se puede utilizar un solo pasador de montaje con la configuración antes descrita, para inmovilizar el instrumento quirúrgico en el soporte. Sin embargo, se prefieren dos pasadores opuestos debido a que esta configuración reduce las fuerzas de torsión sobre 35 la superficie interior de las ranuras de bloqueo.

Como se muestra en la figura 8, el medio de bloqueo incluye preferentemente un trinquete esférico 217 dispuesto dentro del collarín 200. El trinquete esférico 217 es solicitado hacia arriba al interior de una de las ranuras de 40 bloqueo 206 por un resorte 218. El trinquete esférico 217 sirve para capturar temporalmente los pasadores de montaje 116 en una posición girada en 90° aproximadamente respecto de la alineación con la ranura axial 204. Esto asegura que los pasadores de montaje serán girados por completo a la posición adecuada (es decir, fuera del recorrido del pestillo 213) cuando el instrumento 14 es torsionado dentro del porta-instrumento. De otro modo, cuando el conmutador 214 es liberado, el pestillo 213 podría llegar a acoplarse con los pasadores de montaje 216, de manera que el pestillo es incapaz de moverse por completo a la posición bloqueada, causando con ello 45 potencialmente la liberación accidental del instrumento 14 durante la cirugía.

Como se muestra en las figuras 3B, 4 y 5, el accionador 80 del porta-instrumento 4 comprende además un enganche 220 de los pasadores accionadores para retener de forma liberable y mover los pasadores accionadores 132 del instrumento 14. El enganche 220 de los pasadores accionadores está construido de manera similar al soporte 70 del instrumento (figura 3A), comprendiendo un collarín anular 222 que define un ánima 224 para recibir el 50 eje 100 y una ranura que se extiende axialmente 226 para recibir los pasadores accionadores 132. En el enganche 220 de los pasadores accionadores se ha practicado una ranura de bloqueo 228 en un ángulo de 90°, de manera que los pasadores accionadores pueden ser girados al interior de la ranura de bloqueo para acoplar los pasadores accionadores 132 con el accionador 66, como se ha expuesto anteriormente con referencia a los pasadores de montaje. Debe apreciarse que no es necesario que la ranura 226 se extienda por completo a través del collarín 222 55 puesto que los pasadores accionadores 132 están situados distalmente respecto de los pasadores de montaje 116 (el instrumento es insertado preferentemente con las mordazas en primer lugar). Como es lógico, los pasadores accionadores y de montaje 132, 116 pueden ser invertidos de manera que los pasadores de montaje sean distales con respecto a los pasadores accionadores, si así se desea.

Con referencia a la figura 6A, el enganche 220 de los pasadores accionadores está montado rotativamente en un

cojinete de bolas 230 del conjunto del carro accionador 90. El cojinete 230 permite que el enganche 220 de los pasadores gire libremente en el conjunto de carro 90 al mismo tiempo que impide el movimiento axial relativo. Por tanto, cuando el instrumento 14 es girado por el primer accionamiento 8, los pasadores accionadores 132 girarán dentro del conjunto del carro 90. El conjunto del carro 90 comprende además dos series de ejes 232 para soportar rotativamente un par de rodillos interiores 236 y un par de rodillos exteriores 238. Como se muestra en la figura 1, los rodillos exteriores 238 están dispuestos deslizantemente dentro de las ranuras de guía axiales 82 del chasis 60 para impedir la rotación del conjunto del carro 90 con respecto al chasis 60. Los rodillos interiores y exteriores 236, 238 cooperan con el accionador helicoidal 84 y chasis 60 del porta-instrumento 4 para moverse axialmente con respecto al porta, moviendo con ello axialmente al enganche 220 de los pasadores y a los pasadores accionadores 132 con el mismo con respecto al eje 100 del instrumento 14 (que acciona a las mordazas 122, 124, como anteriormente se ha indicado).

Como se muestra en la figura 6B, el accionador helicoidal 84 incluye un ánima central 240 para recibir el conjunto del carro 90 y el instrumento quirúrgico 14 y dos carriles helicoidales opuestos 242, 244 cada uno de los cuales se extiende circumferencialmente alrededor del accionador helicoidal 84 (con preferencia en un ángulo ligeramente inferior a 180°) para recibir los rodillos interiores 236 del conjunto del carro 90, como se muestra en la figura 5. Con los rodillos exteriores 238 constreñidos en las ranuras de guía axiales 82 del chasis 60, la rotación del accionador helicoidal 84 hace que el conjunto del carro 90 (y enganche 220 de los pasadores accionadores) se mueva hacia arriba o hacia abajo, dependiendo del sentido de la rotación. Debido al diseño simétrico del accionador helicoidal 84, la fuerza de actuación aplicada por el segundo accionador 10 no generará cargas laterales eficaces sobre el instrumento 14, lo cual evita el acoplamiento friccional con otros grados de libertad tal como axial (tercer accionador 12) y rotación (primer accionador 8). En la modalidad preferida, los carriles helicoidales 242, 244 tienen un paso seleccionado de tal manera que el mecanismo puede ser accionado fácilmente hacia atrás, permitiendo ello la detección de fuerzas de agarre en un sistema de teleoperación de posición asistida.

Como se muestra en las figuras 3A y 3B, el porta-instrumento 4 incluye además un par de pasadores de guía axiales 250, 252 fijados en el soporte 70 del instrumento. En enganche 220 de los pasadores accionadores tiene un par de aberturas 254, 256 para recibir los pasadores de guía 250, 252. Los pasadores de guía 250, 252 impiden la rotación relativa entre el enganche 220 y el soporte 70 (de manera que los pasadores accionadores y de montaje 116, 132 no pueden girar ambos con el instrumento) y permiten el movimiento axial relativo entre los mismos (de manera que el efector periférico 120 puede ser accionado por el movimiento axial de los pasadores accionadores 132).

La figura 9 es una vista en alzado de un aparato auxiliar, un aparato centrador remoto 300, que se puede emplear para soportar el conjunto manipulador 2 por encima del paciente (obsérvese que manipulador de soporte 2 no se muestra en la figura 8). El aparato centrador remoto 300 proporciona dos grados de libertad para situar el conjunto manipulador 2, obligándolo a girar alrededor de un punto 308 coincidente con la incisión de entrada. Preferentemente, el punto 308 será aproximadamente el centro del cojinete 54 en la cánula 50 (figura 1). Una descripción más completa del aparato centrador remoto 300 se describe en la solicitud copendiente legalmente cedida Número de Publicación WO 94/26167.

Un primer medio de articulación viene indicado en general por el número 321 y un segundo medio de articulación en forma de un paralelogramo viene indicado por el número 323. El primer medio de articulación está montado pivotalmente en una placa de base para girar alrededor de un eje x-x. El segundo medio de articulación está conectado pivotalmente al primer medio de articulación y está adaptado para moverse en un plano paralelo al primer medio de articulación. Cinco elementos de conexión (incluyendo sus extensiones), 311, 312, 313, 314 y 315, están conectados entre sí con articulaciones de pivote 316-320. Una porción del elemento 313 se extiende más allá del pivote 320 del segundo medio de articulación en forma de paralelogramo. El segundo medio de articulación en forma de paralelogramo tiene un extremo operativo en el elemento de conexión 313 y un extremo de accionamiento en el elemento de conexión 312. El elemento alargado 313 puede portar, como se deseé posteriormente, un instrumento quirúrgico u otro dispositivo, tal como una ménsula de soporte 24 del conjunto manipulador 2. Las articulaciones de pivote permiten el movimiento relativo de los elementos de conexión únicamente en el plano que los contiene.

Un medio de articulación en forma de paralelogramo está formado por los correspondientes elementos de conexión 314, 315 y elementos de conexión 312 y 313. Las porciones de los elementos de conexión 314 y 315 del paralelogramo son de igual longitud que las porciones de los elementos 312 y 313 del paralelogramo. Dichos elementos están conectados entre sí en forma de un paralelogramo para asumir movimiento relativo únicamente en el plano formado por los elementos. Una articulación rotativa indicada en general por el número 322 está conectada a una base adecuada 324. La articulación rotativa 322 está montada en una placa de base 326 adaptada para quedar montada de forma fija en el medio de soporte de la base 324. Una placa de pivote 328 está montada pivotalmente en la placa de base 326 por cualquier medio adecuado, tal como pivotes 330, 332. De este modo, la placa de pivote 328 puede ser girada alrededor de un eje x-x en un ángulo deseado  $\theta_2$ . Esto se puede efectuar bien manualmente o bien por medio de un motor de accionamiento pivotal adecuado 334.

Una primera articulación está montada pivotalmente en la placa de pivote 328 de la articulación rotativa 322. Los elementos de articulación 311, 312 y los elementos de conexión son relativamente rígidos o inflexibles, de manera

que pueden soportar adecuadamente el instrumento utilizado en las operaciones quirúrgicas. Como tales conexiones son útiles las varillas hechas de aluminio o de otro metal. Los elementos de articulación 311 y 312 están montados pivotalmente en la placa de base 328 para girar con respecto a la articulación rotativa por los pivotes 366 y 338. Al menos uno de los pivotes 366, 338 está situado de manera que su eje de rotación es normal al eje x-x e intersecta a este último. El movimiento se puede efectuar manualmente o bien por medio del uso de un motor de accionamiento 340 de la articulación. La primera articulación está configurada también en forma de un paralelogramo formado por los elementos de articulación 311 y 312; la porción del elemento de conexión 315 conectada a la misma por los pivotes 316, 318; y una placa de base 328. De este modo, uno de los elementos de conexión 315 se emplea tanto en el primer medio de articulación 321 como en el segundo medio de articulación 323. El elemento de articulación 312 forma también una conexión común tanto del primer medio de articulación 321 como del segundo medio de articulación 323. De acuerdo con la invención, se proporciona un centrador remoto de rotación esférica 308 por medio de la modalidad del aparato antes descrita cuando el elemento de articulación 311 es girado y/o cuando la placa de pivote 328 es girada alrededor del eje x-x. De este modo, el extremo del elemento 313 se puede mover en ángulos deseados  $\theta_1$  y  $\theta_2$  o girado alrededor de su propio eje mientras que el centrador remoto de la rotación permanece en la misma posición.

La figura 9 muestra también un inclinómetro 350 unido a la base del aparato centrador remoto 300. El aparato centrador remoto puede estar montado en una orientación arbitraria con respecto a la vertical, dependiendo de la cirugía particular a realizar, y el inclinómetro 350 se puede emplear para medir dicha orientación. La orientación medida se puede emplear para calcular y ejecutar las señales de servo-control necesarias para controlar el sistema telerrobótico con el fin de impedir que las fuerzas gravitacionales que actúan sobre los mecanismos del sistema puedan ser sentidas por el cirujano.

Se pueden realizar variaciones y cambios sin desviarse por ello del alcance de las presente reivindicaciones. Por ejemplo, ha de entenderse que la presente invención no queda limitada a cirugía endoscópica. De hecho, el porta-instrumento 4, junto con un mecanismo de control telerrobótico, sería particularmente útil durante procedimientos quirúrgicos abiertos, permitiendo al cirujano efectuar una operación desde una posición remota, tal como una sala diferente o un hospital completamente diferente.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para su uso en un sistema quirúrgico robótico que comprende:

5 un instrumento quirúrgico (14) y un conjunto manipulador (2) que tiene un porta-instrumento (4) que está montado de forma liberable en una base (6) y un conjunto de accionamiento (7) para manipular el instrumento quirúrgico (14), que está acoplado de forma liberable al porta-instrumento (4), en al menos dos grados de libertad;

en donde el instrumento quirúrgico (14) comprende:

10 un eje (100) que tiene un extremo distal (104) y un extremo proximal (102); un efector extremo accionable (120) en el extremo distal (104) de dicho eje (100); al menos un elemento alargado (136) conectado al efector extremo (120) para causar el accionamiento de dicho efector extremo (120) en respuesta al movimiento de al menos uno de dichos elementos alargados (136); y al menos un cuerpo accionado (132) dispuesto en el extremo proximal (102) de dicho eje (100), estando acoplado al menos uno de dichos cuerpos accionados (132) a al menos uno de dichos elementos alargados (136) de manera que el accionamiento de al menos uno de dichos cuerpos accionados (132) causa el movimiento de al menos uno de dichos elementos alargados (136);

15 en donde dicho conjunto de accionamiento (7) comprende un cuerpo de accionamiento rotativo (18) acoplable con al menos uno de dichos cuerpos accionados (132), siendo al menos uno de dichos cuerpos accionados (132) accionable selectivamente por al menos uno de dichos cuerpos de accionamiento rotativo (20) cuando dichos cuerpos accionado y de accionamiento se acoplan operativamente;

20 en donde al menos uno de dichos cuerpos accionados (132) puede acoplarse de manera liberable al conjunto de accionamiento (7); y

en donde dicho conjunto manipulador (2) está soportado por un posicionador centrador remoto (300) que proporciona dos grados de libertad para posicionar el conjunto manipulador y constreñir el conjunto manipulador, durante su uso, para girar alrededor de un orificio de entrada.

25 2. Aparato según la reivindicación 1, en donde dicho movimiento de dicho elemento alargado (136) comprende tirar de dicho elemento alargado (136).

3. Aparato según la reivindicación 1, cuyo efector extremo (120) comprende un par de mordazas (122, 124), en donde al menos uno de dichos cuerpos accionados (132) comprende un par de pasadores accionadores deslizables axialmente para abrir y cerrar dicho par de mordazas (122, 124).

30 4. Aparato según la reivindicación 1, en donde dicho conjunto de accionamiento (7) comprende un segundo cuerpo de accionamiento rotativo (18) para girar dicho eje (100) alrededor de su eje longitudinal.

5. Aparato según la reivindicación 1, en donde dicho conjunto de accionamiento (7) comprende un segundo cuerpo de accionamiento rotativo (38) para mover dicho eje (100) axialmente a lo largo de su eje longitudinal.

6. Sistema quirúrgico robótico (2) que comprende:

35 el aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, alojando además el conjunto de accionamiento (7) un motor accionador (80), estando acoplado operativamente dicho conjunto de accionamiento (7) a una unidad de control operable por medio de entradas procedentes de un operador, pudiéndose acoplar dicho motor accionador (80) con al menos uno de dichos cuerpos accionados (132), de manera que las entradas del operador a la unidad de control hacen que al menos uno de los elementos alargados (136) se mueva, accionando con ello a dicho efector extremo (120).

40

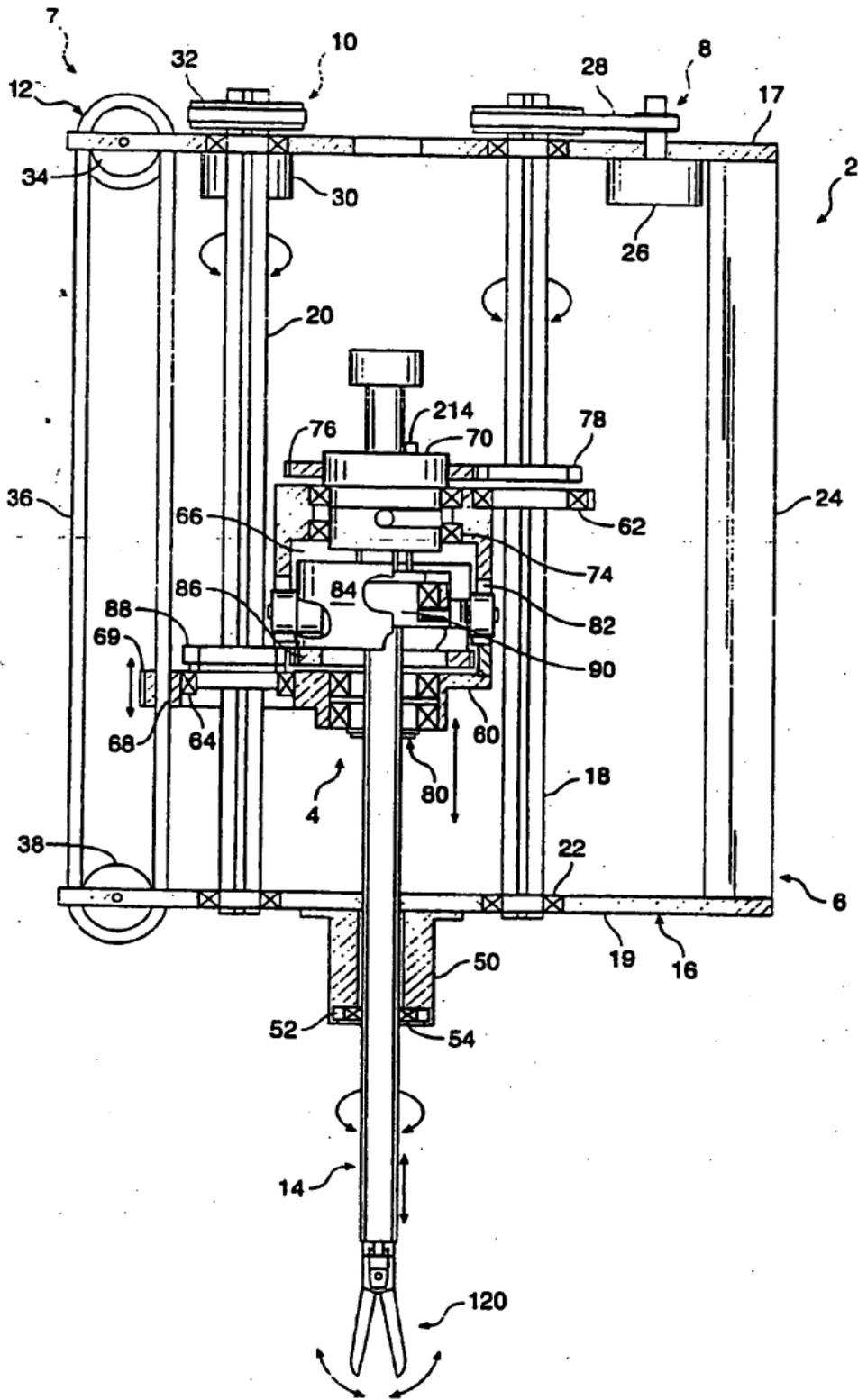


FIG. 1

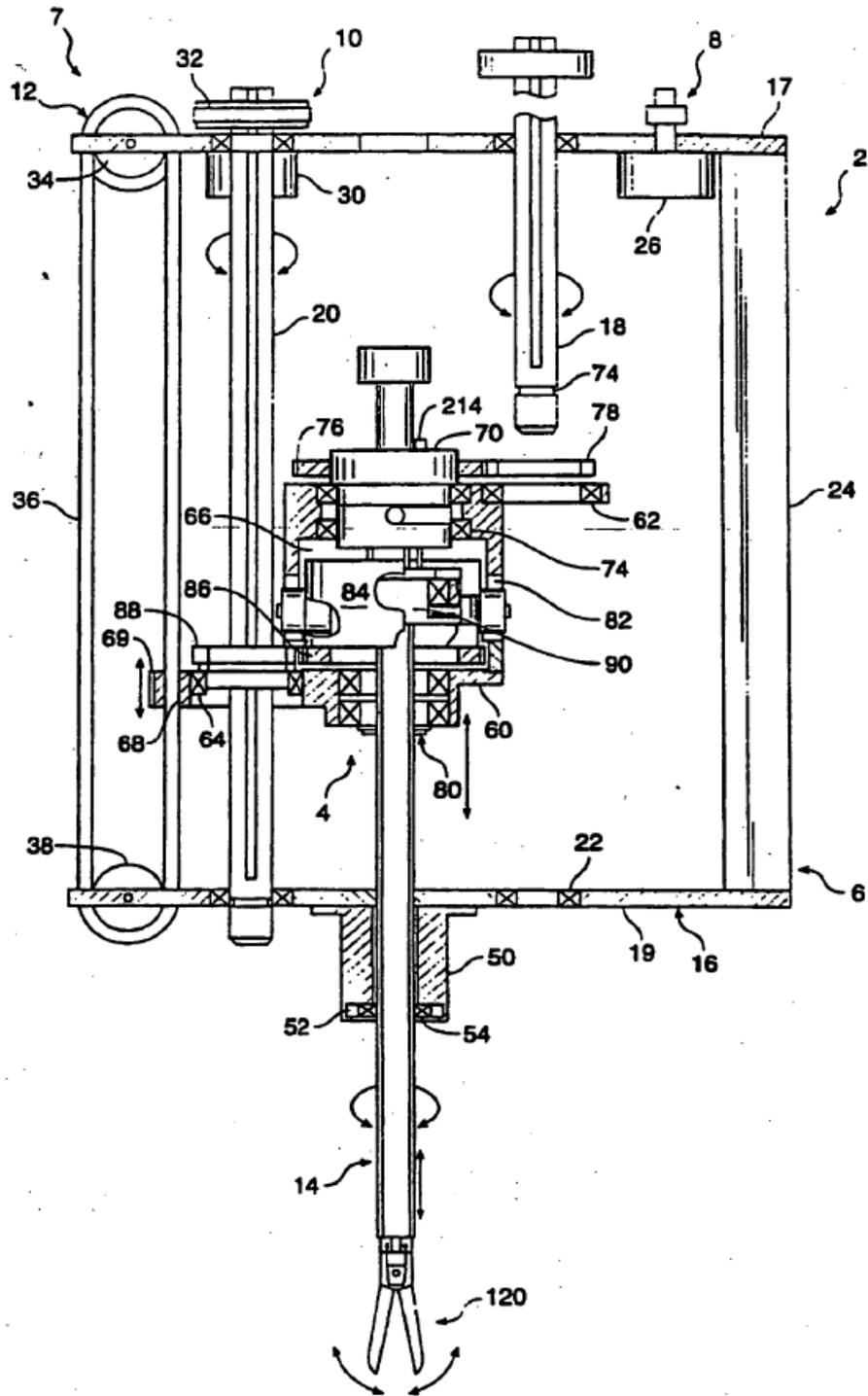


FIG. 1A

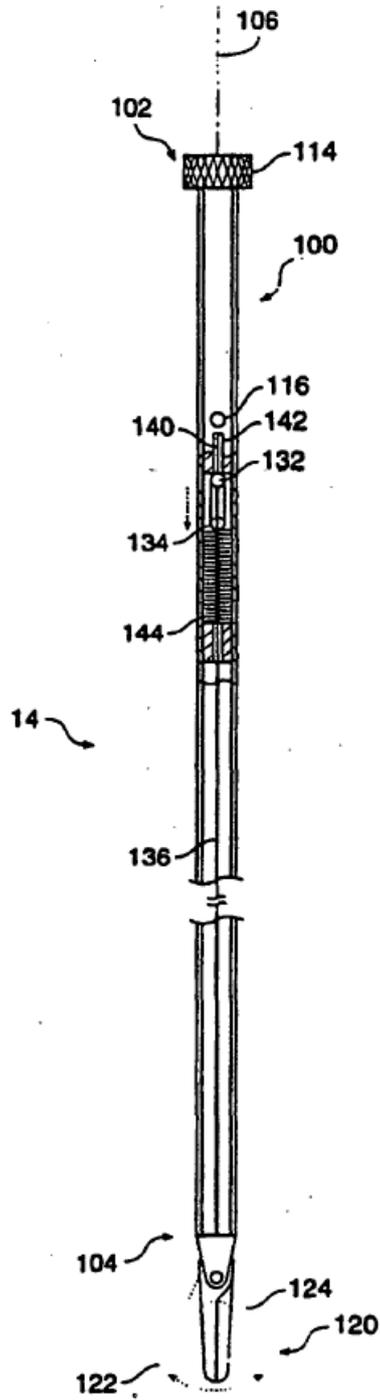


FIG. 2A

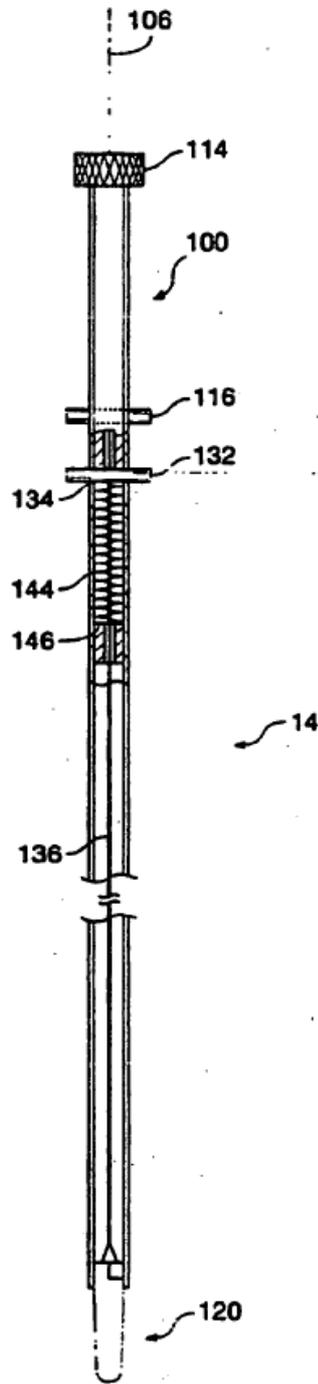


FIG. 2B

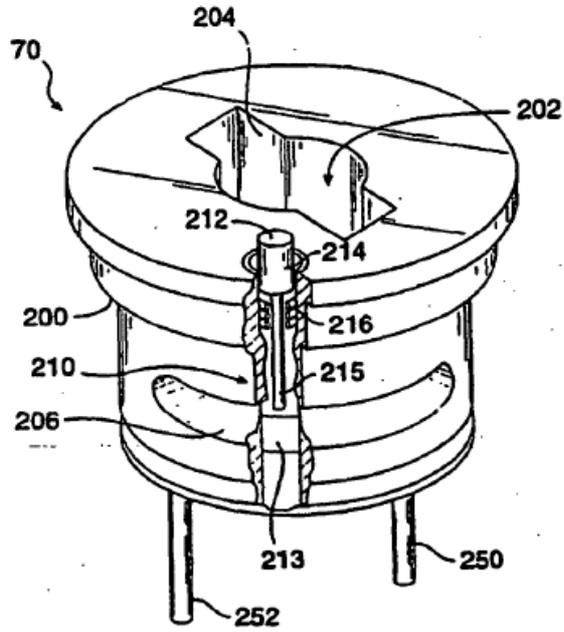


FIG. 3A

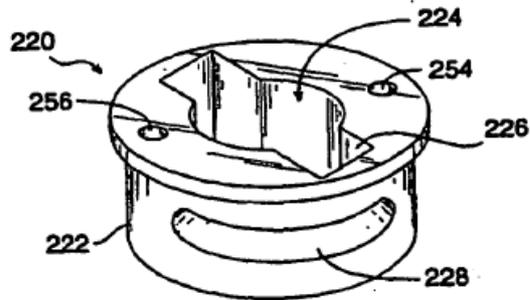


FIG. 3B

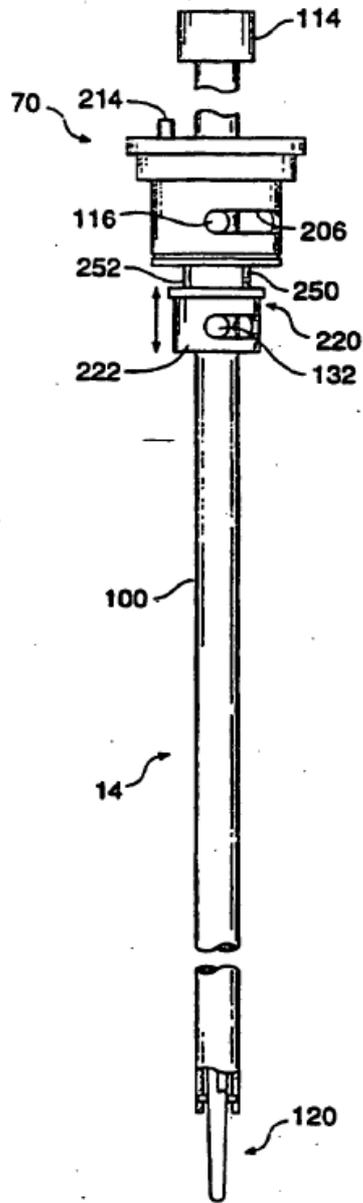


FIG. 4

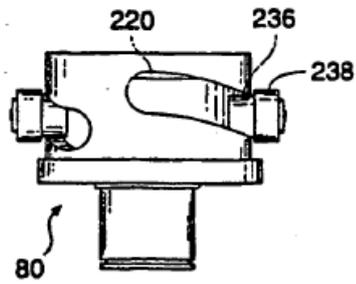


FIG. 5

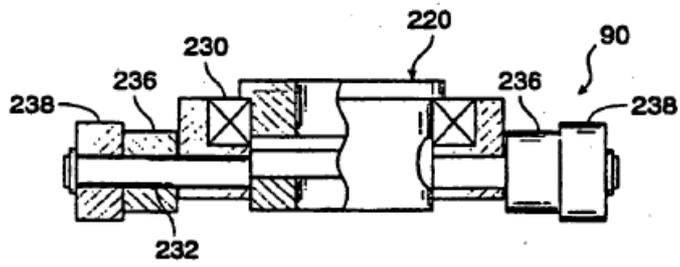


FIG. 6A

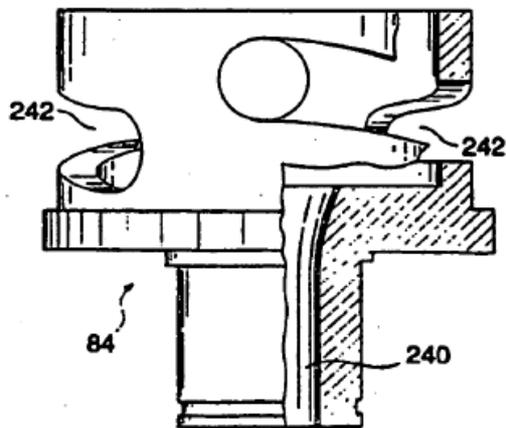


FIG. 6B

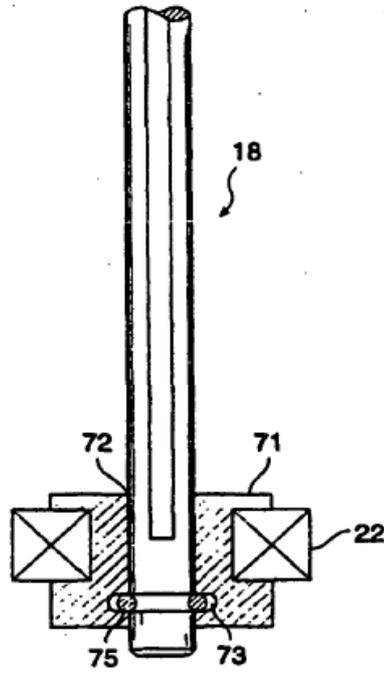


FIG. 7

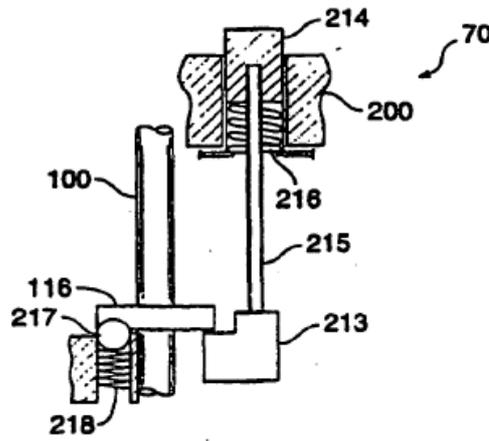


FIG. 8

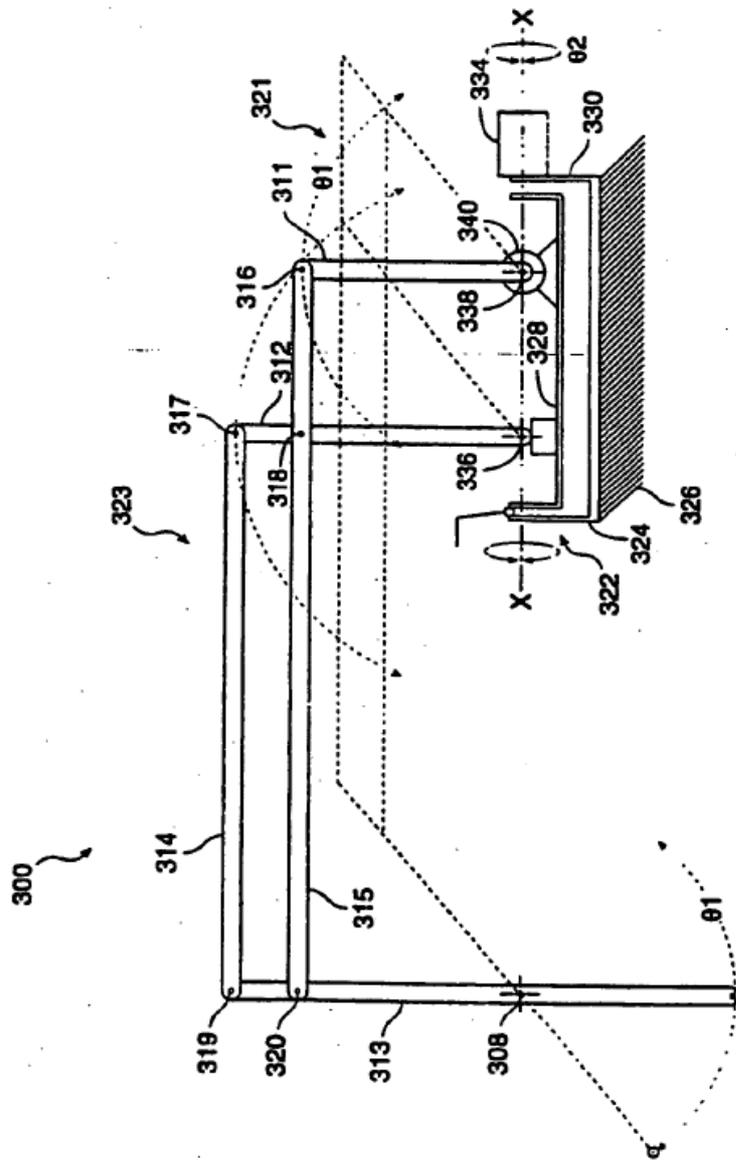


FIG. 9