

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 193**

51 Int. Cl.:

B25J 19/02 (2006.01)

G01L 5/22 (2006.01)

A61B 34/30 (2006.01)

A61B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2011** **E 11156111 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016** **EP 2364825**

54 Título: **Instrumento para cirugía robótica**

30 Prioridad:

25.02.2010 IT BO20100111

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

21.10.2016

73 Titular/es:

SURGICA ROBOTICA S.P.A. (100.0%)
Via S. Nicolo, 30
Trieste, IT

72 Inventor/es:

MILANI, MARCO;
FIORINI, PAOLO y
REPPELE, LUCA

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 587 193 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

Instrumento para cirugía robótica

5 La presente invención se refiere a un instrumento para cirugía robótica.

Se conocen unos instrumentos, para intervenciones quirúrgicas mínimamente invasivas, manuales o robóticas, en particular, unas pinzas articuladas, que permiten al cirujano alcanzar las partes de interés.

10 La patente de Estados Unidos N.º US 6.132.441 presenta una pinza laparoscópica que tiene una mordaza conectada rígidamente a y separada de una muñeca de articulación. Este dispositivo prevé movimientos y actuaciones de la articulación que permiten un uso de la misma tal como para ser capaz de agarrar, cortar, o suturar órganos o tejidos de un paciente.

15 La patente de Estados Unidos N.º US 7.364.582 describe un instrumento endoscópico o laparoscópico, que comprende un miembro distal constituido, por ejemplo, por una pinza, un árbol rígido o flexible alargado para soportar el miembro distal, y un miembro de manipulación o control proximal. El miembro distal y el miembro proximal están conectados al extremo distal y al extremo proximal respectivo del árbol a través de los miembros de movimiento flexibles, y están conectados entre sí por medio de un sistema de cables y poleas. Dicho sistema
20 permite la flexión y/o el giro del miembro distal, obtener la flexión y/o la rotación del elemento proximal.

La patente de Estados Unidos N.º US 6.491.701 describe un instrumento para cirugía robótica mínimamente invasiva, que comprende unas pinzas articuladas que pueden accionarse a través de un sistema de cables y poleas.

25 Sin embargo, los instrumentos laparoscópicos manuales y robóticos, a pesar de que están equipados con una articulación distal, reducen la sensibilidad táctil del cirujano en la medida en que las fuerzas que percibe el cirujano en sus manos comprenden las fuerzas de fricción del sistema de transmisión del laparoscopio, del movimiento del laparoscopio en el trócar, y del sistema para abrir y cerrar el instrumento. Mucho peor, en cambio, es el caso de la cirugía robótica, en la medida en que los sistemas actuales de cirugía robótica no prevén el reflejo de la fuerza, y por
30 lo tanto el cirujano debe imaginar las fuerzas que el robot está aplicando en los tejidos del paciente, basando sus acciones exclusivamente en las imágenes de la zona de operación.

La percepción de las fuerzas es esencial en la medida en que permite al cirujano realizar otras acciones importantes, por ejemplo, realizar un diagnóstico intraoperatorio de la condición patológica, evitar el uso de fuerzas excesivas en
35 los tejidos y órganos, y finalmente percibir la calidad de las suturas.

La patente N.º US 6.233.504 describe un sistema de microcirugía asistida por robot, que comprende un dispositivo de control remoto provisto de unos sensores de fuerza diseñados para detectar los movimientos de las manos del cirujano durante la operación. Los movimientos detectados de este modo activan un robot manipulador
40 mecánicamente separado del dispositivo de control. Un elemento de fuerza-reflexión está acoplado al robot manipulador y al dispositivo de control para amplificar la sensibilidad táctil del cirujano durante la operación.

Dicho sistema presenta, sin embargo, la desventaja de que el sensor de fuerza se encuentra fuera del cuerpo del paciente y no puede compensar la fricción generada por el movimiento de los elementos del robot manipulador, tales
45 como, por ejemplo, los cables.

La solicitud de patente de Estados Unidos N.º US 2008/0276746 ilustra un sistema de cirugía robótica que comprende un brazo robótico, un miembro efector de terminal, en particular, una pinza, conectada al mismo de una
50 manera móvil, y un sensor de fuerza fijado entre el brazo robótico y el miembro efector de terminal.

Sin embargo, dicho sistema no permite tampoco la percepción completa y eficaz de las fuerzas y los pares de torsión reales en la medida en que la fuerza de cierre de la pinza no puede medirse por el sensor proporcionado, y por lo tanto no permite básicamente la recuperación de la pérdida de sensibilidad a causa de los instrumentos.

55 La patente estadounidense N.º US 6.223.100 B1 desvela un sistema de teleoperador para realizar cirugía mayor por ordenador con instrumentos articulados. El sistema incluye unos controladores de mano derecha e izquierda para controlar los manipuladores derecho e izquierdo a través del uso de un servomecanismo que incluye un ordenador. Unas cámaras visualizan el área de trabajo desde diferentes ángulos para la producción de salidas de señales estereoscópicas en las líneas. En respuesta a las salidas de la cámara, se produce una imagen invertida de arriba a
60 abajo tridimensional que se refleja por un espejo hacia los ojos del operador. Una imagen virtual se produce adyacente a los brazos de control que se visualiza por el operador mirando en la dirección de los brazos de control. Localizando la imagen del espacio de trabajo adyacente a los brazos de control, el operador está provisto de una sensación de que los efectores de extremo se llevan por los brazos del manipulador y los brazos de control son sustancialmente integrales. Esta sensación de conexión entre los brazos de control y los efectores de extremo
65 proporciona al operador la sensación de controlar directamente los efectores con la mano. Localizando la pantalla de visualización adyacente a los brazos de control, la imagen del área de trabajo es visible directamente por el

operador. El sistema puede emplear sensores de fuerza, de par de torsión y de deslizamiento del tipo descrito en la patente de Estados Unidos N.º 3.921.445.

La patente de Estados Unidos N.º US 3.921.445 desvela un manipulador para maquinaria automatizada, que incluye un efector, tal como una mano, que comprende un par de mordazas relativamente móviles de manera pivotante entre las posiciones abierta y cerrada bajo la operación de unos medios de potencia tal como un motor eléctrico. Unos medios de detección, para detectar tanto la magnitud como la dirección de las fuerzas a lo largo de tres ejes mutuamente ortogonales que se cruzan en la muñeca y para detectar la magnitud y la dirección de los pares de torsión sobre dichos ejes, se proporcionan en la muñeca intermedia a la mano del manipulador y unos medios de soporte de mano. Los medios de detección incluyen una pluralidad de unidades de detección separadas radialmente desde el eje longitudinal del manipulador a distancias iguales del mismo.

El objetivo de la presente invención es proporcionar un instrumento para cirugía robótica que esté libre de los inconvenientes descritos anteriormente; es decir, que permita que se alcancen las partes de interés, así como que permita la percepción de todas las fuerzas y los pares de torsión reales que intervienen durante la operación con el fin de maximizar la habilidad del cirujano, y al mismo tiempo que presente pequeñas dimensiones para permitir el uso del mismo en la cirugía mínimamente invasiva, que presente un funcionamiento fiable, y que sea fácil y económicamente ventajoso de producir. Más en particular, el objetivo de la invención es proporcionar un instrumento para cirugía robótica que permita la detección de las posibles fuerzas de agarre cuando el instrumento se use como una pinza.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un dispositivo que permita el cambio conveniente del tipo de miembro efector que entra directamente en contacto con los órganos del paciente.

De acuerdo con la presente invención se proporciona un instrumento para cirugía robótica de acuerdo con lo que se define en las reivindicaciones adjuntas.

Los detalles de la invención emergerán más claramente a partir de la descripción detallada de las realizaciones preferidas del instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la invención, ilustradas de manera indicativa a modo de ejemplo en los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista en perspectiva del instrumento para cirugía robótica que forma el objeto de la invención;
- la figura 2 es una vista delantera del mismo instrumento;
- la figura 3 es una vista lateral del mismo instrumento;
- la figura 4 es una vista en sección transversal de acuerdo con el plano de la traza IV-IV en la figura 2;
- la figura 5 es una vista en sección transversal de acuerdo con el plano de la traza V-V en la figura 3;
- la figura 6 es una vista en perspectiva desde abajo de un detalle del instrumento de acuerdo con la invención;
- la figura 7 es una vista delantera del mismo detalle del instrumento que forma el objeto de la invención;
- la figura 8 es una vista en sección transversal del mismo detalle de acuerdo con el plano de la traza VIII-VIII en la figura 7;
- la figura 9 es una vista en perspectiva de otro detalle del instrumento que forma el objeto de la invención;
- la figura 10 es una vista lateral de un detalle adicional del instrumento de acuerdo con la invención;
- la figura 11 es una vista delantera del mismo detalle;
- la figura 12 es una vista en sección transversal del mismo detalle de acuerdo con el plano de la traza XII-XII en la figura 11;
- las figuras 13 a 15 son, respectivamente, una vista en perspectiva, una vista en planta y una vista en sección transversal parcial del detalle de la figura 9 de acuerdo con una realización adicional de la invención; y
- las figuras 16 y 17 muestran unas vistas en perspectiva respectivas de la realización adicional de la invención que comprenden el detalle de las figuras 13 a 15.

Con referencia a las figuras anteriores, se designa en su conjunto por 1 el instrumento para cirugía robótica que forma el objeto de la invención, que está diseñado para montarse en el extremo distal 2 de un brazo 3 de un aparato para cirugía robótica, conocido por sí mismo y por lo tanto no se ilustra.

Con referencia específica a las figuras 1 a 3, el instrumento 1 comprende unos medios efectores 27 para realizar una acción específica en los órganos o tejidos del cuerpo de un paciente durante una operación quirúrgica, y un conjunto de articulación 4 para soportar los medios efectores 27 y conectarlos en el extremo distal 2 del brazo 3. El brazo 3 tiene, por ejemplo, una sección transversal sustancialmente circular. El conjunto de articulación 4 comprende un anillo de soporte 5 conectado al extremo distal 2, y unos medios de transmisión 6, que pueden regularse, a través de unos cables de control, por un sistema de movimiento-transmisión (no ilustrado) del aparato para cirugía robótica, estando el sistema de movimiento-transmisión regulado por el usuario, que transmite los movimientos a los medios efectores 27 con el fin de accionarlos. El anillo de soporte 5 está conectado longitudinalmente al extremo distal 2 del brazo 3 y tiene un diámetro exterior sustancialmente igual al diámetro exterior del brazo 3. El anillo de soporte 5 comprende un par de brazos longitudinales 7, que se extienden en una dirección ortogonal a un diámetro del anillo de soporte 5, son diametralmente opuestos y están provistos, en sus respectivos extremos libres, de unos orificios pasantes respectivos 8. Los orificios pasantes 8 son coaxiales, con los

ejes fijados preferentemente paralelos a un diámetro del anillo de soporte 5.

Los medios de transmisión 6 comprenden un par de miembros de engranaje cónico 9. Cada miembro de engranaje cónico 9 comprende una polea respectiva 10 (figura 3), que está diseñada para acoplarse por un cable de control respectivo (no ilustrado) del sistema de movimiento-transmisión regulado por el usuario, y un engranaje cónico respectivo 11 (figura 3) fijado con respecto a y coaxial con la polea 10. En el ejemplo ilustrado en las figuras, la polea 10 se obtiene integralmente en la parte trasera del engranaje cónico 11. De acuerdo con una realización alternativa, pero equivalente, la polea 10 y el engranaje cónico 11 son elementos distintos apropiadamente conectados entre sí.

Con referencia específica a las figuras 6 a 8, el engranaje cónico 11 comprende una superficie exterior tronco-cónica que tiene una parte lisa 12, es decir, sin dientes, y una parte dentada 13, que es complementaria a la parte lisa 12 y está provista de una pluralidad de dientes distribuidos radialmente (figura 7). Preferentemente, los dientes de la parte dentada 13 se extienden a lo largo de la apotema de la superficie exterior tronco-cónica y sobresalen perpendicularmente de la misma. Cada miembro de engranaje cónico 9 tiene un orificio pasante axial 14, que comprende interiormente un saliente anular 15 (figura 8). El saliente 15 define dentro del orificio axial 14 una primera parte 16 y una segunda parte 17 (figura 8). La primera parte 16 se extiende axialmente entre el extremo del engranaje cónico 11 que coincide con la circunferencia menor de la superficie exterior tronco-cónica y el saliente 15. La segunda parte 17, que tiene un diámetro interior más pequeño que el de la primera parte 16, se extiende axialmente entre el saliente 15 y el lado de la polea 10 opuesta al engranaje cónico 11. La segunda parte 17 del orificio axial 14 de cada miembro de engranaje cónico 9 está fijada sustancialmente alineada al orificio pasante respectivo 8 de cada brazo 7 del anillo de soporte 5.

Con referencia específica a las figuras 4, 5 y 9, los miembros de engranaje cónico 9 están montados de manera móvil en los brazos 7 del anillo de soporte 5 a través de un miembro de soporte y movimiento 18 en forma de cruz, en particular, una cruz apropiada. El miembro de soporte y movimiento 18 comprende una polea central 19 diseñada para acoplarse mediante un cable de control adicional (no ilustrado) del sistema de movimiento-transmisión regulado por el usuario. Dos brazos axiales 20 fijados con respecto a la polea central 19 se extienden a lo largo del eje de la polea central 19, designado por X, desde las caras opuestas de la polea central 19, y dos brazos transversales 21 fijados con respecto a la polea central 19 se extienden radialmente en lados opuestos de la polea 19, a lo largo de un eje Y perpendicular al eje X.

Con referencia a la figura 9, que ilustra el miembro de soporte y movimiento 18 retirado del instrumento 1, cada brazo axial 20 comprende una parte de detección 22 adyacente a la polea 19 y que tiene una sección transversal preferentemente poligonal, por ejemplo cuadrada, y una parte de acoplamiento sustancialmente cilíndrica 23. La parte de detección 22 tiene un obstáculo transversal máximo que corresponde sustancialmente al diámetro exterior de la polea central 19. La parte de acoplamiento 23 tiene, en cambio, una sección transversal que tiene una extensión menor que la de la sección transversal de la parte de detección 22. Además, la distancia entre los extremos más exteriores correspondientes de los brazos axiales 20 es sustancialmente igual al diámetro exterior del anillo de soporte 5.

La parte de acoplamiento 23 de cada brazo axial 20 se inserta de manera rotatoria tanto en el orificio axial 14 de un miembro de engranaje cónico respectivo 9 como en el orificio pasante 8 de un brazo longitudinal respectivo 7 del anillo de soporte 5 (figura 4). De esta manera, el miembro de soporte y movimiento 18 soporta rotativamente los miembros de engranaje cónico 9 y se soporta rotativamente por el anillo de soporte 5. La parte 16 del orificio axial 14 de cada miembro de engranaje cónico 9 tiene un diámetro mayor que el de la polea central 19 y una profundidad tal como para alojar al menos una parte longitudinal de la parte de detección correspondiente 22 (figura 4).

Cada brazo transversal 21 comprende una parte proximal 24, que se fija con respecto a la polea central 19, tiene una sección transversal preferentemente circular, y está adecuadamente equipado con un paso para los cables para controlar la polea central 19. Extendiéndose coaxialmente desde esta parte proximal 24 del brazo transversal 21 está una parte de detección transversal 25 orientada radialmente con respecto a la polea central 19 y que tiene una sección transversal preferentemente poligonal, por ejemplo, cuadrada. El obstáculo transversal de la parte de detección transversal 25 se corresponde sustancialmente con el diámetro exterior de la parte proximal 24 del brazo transversal 21. Extendiéndose coaxialmente desde la parte de detección transversal 25 está una parte de acoplamiento transversal 26 con una sección transversal circular. La parte de acoplamiento transversal 26 tiene preferentemente un obstáculo transversal más pequeño que el de la parte de detección transversal 25 del propio brazo transversal 21. Las partes de acoplamiento transversales 26 de los brazos transversales 21 están conectadas de manera rotatoria a los medios efectores 27 (figuras 1 a 4) con el fin de obtener los efectos deseados en el cuerpo del paciente, como se explica más completamente en lo sucesivo en el presente documento.

La parte de detección 22 de los brazos axiales 20 y la parte de detección transversal 25 de los brazos transversales 21 tienen unas caras planas longitudinales respectivas sustancialmente paralelas o respectivamente perpendiculares al plano en el que se colocan los ejes X e Y del brazo axial 20 y del brazo transversal 21, respectivamente, del miembro de soporte y movimiento 18. Fijados en las caras de cada una de las partes de detección 22 y 25 están los sensores de fuerza 28 para detectar las fuerzas aplicadas al miembro de soporte y movimiento 18. La conformación en forma de cruz del miembro de soporte y movimiento 18 permite que los sensores de fuerza 28 detecten las tres

fuerzas y los tres pares de torsión que se dirigen, respectivamente, a lo largo y que rotan alrededor de los ejes cartesianos y que se aplican a los medios efectores 27 mediante una carga dinámica externa. En particular, cada sensor de fuerza 28 está constituido, por ejemplo, por una galga extensiométrica. Cuando se accionan los cables alrededor de las poleas 10 y 19 por el sistema de movimiento-transmisión, los brazos axiales 20 y los brazos transversales 21 se someten a una flexión respectiva que se detecta por los sensores de fuerza 28.

Los medios efectores 27 comprenden preferentemente dos mordazas 29 (figura 5), cada una de las cuales está montada de manera rotatoria en una parte de conexión transversal 26 de un brazo transversal respectivo 21 del miembro de soporte y movimiento 18.

Con referencia específica a las figuras 10 a 12, cada mordaza 29 comprende una base de conexión 30, un brazo de soporte 31, y un elemento de terminal 32. La base de conexión 30, que es preferentemente de forma circular, comprende un engranaje cónico 33 que sobresale coaxialmente desde la propia base de conexión 30. En el ejemplo ilustrado en la figura 10, la base de conexión 30 y el engranaje cónico 33 se fabrican de una sola pieza. De acuerdo con una realización alternativa, la base de conexión 30 y el engranaje cónico 33 se fabrican como elementos distintos y están conectados entre sí. El engranaje cónico 33 comprende una superficie exterior tronco-cónica que tiene una parte lisa 34, es decir, sin dientes, y una parte dentada 35, que es complementaria a la parte lisa 34 y está provisto de una pluralidad de dientes similares a los dientes de la parte dentada 13 de los miembros de engranaje cónico 9. La base de conexión 30 comprende además un orificio de centrado 36, que se acopla de manera rotatoria por la parte de conexión transversal 26 de un brazo transversal 21 del miembro de soporte y movimiento 18. El brazo de soporte 31 sobresale de la base de conexión 30 de una manera sustancialmente coplanaria. Preferentemente, el brazo de soporte 31 se desarrolla extendiéndose desde la base de conexión 30 en una posición correspondiente a la parte dentada 35 del engranaje cónico 33. El miembro de terminal 32 fijado en el extremo del brazo de soporte 31 se fija preferentemente de acuerdo con un plano que comprende el eje del orificio de centrado 36 de la base de conexión 30 y tiene una forma curvada orientada sobre el lado del engranaje cónico 33 con el fin de ser capaz de tener un efecto en un plano que contiene el eje longitudinal del brazo 3 del aparato para cirugía robótica.

La parte de acoplamiento transversal 26 de cada uno de los brazos transversales 21 del miembro de soporte y movimiento 18 se inserta de manera rotatoria en el orificio de centrado 36 de la base de conexión 30 de una mordaza respectiva 29. De esta manera, los brazos transversales 21 soportan de manera rotatoria los medios efectores 27. El orificio de centrado 36 de cada mordaza 29 tiene un diámetro mayor que el de la parte proximal 24 de un brazo transversal respectivo 21 y una profundidad tal como para alojar la parte de detección transversal 25 y al menos una parte longitudinal de la parte proximal 24 (figura 5).

En el ejemplo de realización ilustrado en las figuras, las dos mordazas 29 de los medios efectores 27 trabajan como una pinza, moviéndose desde una configuración de cierre, en la que las partes deseadas están agarradas, y una configuración de apertura, en la que las partes deseadas se liberan. Para dicho fin, cada miembro de terminal 32 tiene preferentemente una forma aplanada y curvada como se ilustra en las figuras 1 a 5, 10 y 11 y como se ha descrito anteriormente. Cada miembro de terminal 32 tiene una cara exterior libre 37, que coincide, por ejemplo, con un plano tangente a la base de conexión 30 de la mordaza 29, y una cara operativa interior 38, que coincide preferentemente con un plano que contiene el eje de la base de conexión 30 y el eje longitudinal del brazo 3 (véase, en particular, la figura 11). En la práctica, en una condición de cierre de las mordazas 29, las caras operativas interiores 38 están fijadas entre sí, mientras que en una condición de apertura las caras operativas 38 están orientadas de manera divergente, separadas la una de la otra.

Preferentemente, se fijan interiormente, exteriormente, o en ambos lados de los brazos de soporte 31 de las mordazas 29 unos medios de fuerza-sensor adicionales 28 para detectar la fuerza de cierre de los medios efectores 27.

De acuerdo con unas realizaciones adicionales (no ilustradas), los medios efectores 27 se fabrican en forma de tijeras o en forma de otro tipo de instrumento quirúrgico que tenga una función diferente, pero que comprenden, en cualquier caso, una única mordaza o un par de mordazas que se mueven una hacia la otra o lejos una de la otra de acuerdo con la operación a realizar. Debería observarse que la base de conexión 30, el brazo de soporte 31 y el miembro de terminal 32 de una única mordaza 29 se fabrican preferentemente como un solo componente. Por lo tanto, mediante la simple sustitución de solo las mordazas 29 es posible cambiar el tipo de los medios efectores 27, por ejemplo, de medios de agarre a medios de corte.

Con referencia una vez más a la figura 4, la parte de acoplamiento 23 de cada brazo axial 20 del miembro de soporte y movimiento 18 se inserta en el orificio axial 14 del miembro de engranaje cónico respectivo 9 mediante la interposición de un miembro de soporte de rodadura respectivo 42. Los miembros de soporte de rodadura 42 están montados contra el saliente anular 15 del orificio axial 14. Además, el extremo de la parte de acoplamiento 23 de cada brazo axial 20 se inserta en el orificio pasante 8 del brazo longitudinal respectivo 7 del anillo de soporte 5 mediante la interposición de un miembro de soporte de rodadura respectivo 43. Los miembros de soporte de rodadura 42 y 43 están constituidos, por ejemplo, mediante unos rodamientos de bolas respectivos. De esta manera, los miembros de engranaje cónico 9 son libres de girar alrededor del eje X tanto con respecto al miembro de soporte

y movimiento 18 como con respecto a los brazos longitudinales 7 del anillo de soporte 5.

Con referencia una vez más a la figura 5, la parte de acoplamiento transversal 26 de cada uno de los brazos transversales 21 del miembro de soporte y movimiento 18 se inserta en el orificio de centrado 36 de la base de conexión 30 de una mordaza respectiva 29 mediante la interposición de un miembro de soporte de rodadura respectivo 44. Los miembros de soporte de rodadura 44 están constituidos, por ejemplo, mediante unos rodamientos de bolas respectivos. De esta manera, las mordazas 29 son libres de girar alrededor del eje Y con respecto al miembro de soporte y movimiento 18.

De acuerdo con una realización adicional de la invención ilustrada en las figuras 13 a 17, la polea central 190 del miembro de soporte y movimiento 180 tiene externamente una forma paralelepípedica. La polea central 190 comprende una ranura transversal 39 fijada en una posición sustancialmente mediana entre un par de caras paralelas de la polea paralelepípedica central anterior 190. Más precisamente, la ranura transversal 39 está diseñada para definir un canal de paso tal como un asiento de engaste para el enrollamiento y/o la conexión de un cable respectivo (no ilustrado). Como en el caso de la realización ilustrada en las figuras 1 a 12, el miembro de soporte y movimiento 180 comprende dos brazos axiales 200, que se extienden a lo largo del eje X, y dos brazos transversales 210, que sobresalen en una cruz desde las caras laterales respectivas de la polea central 190, es decir, que se extienden a lo largo del eje Y ortogonal al eje X. Los brazos axiales 200 comprenden cada uno una parte de conexión 220 de forma cilíndrica, proporcionada en el extremo libre respectivo de un orificio ciego axial 40 con una sección transversal circular. Cada orificio axial 40 comprende, preferentemente, un área de entrada 40a de una forma tronco-cónica con una sección transversal decreciente desde el borde hacia el interior, conectada a una parte de conexión cilíndrica 40b. La parte de conexión 40b del orificio axial 40 está preferentemente roscada para permitir la conexión a los brazos longitudinales 7 a través de unos medios de tornillo provistos para ese fin (figuras 16 y 17).

Cada brazo transversal 210 comprende una parte proximal respectiva 240, que es preferentemente cilíndrica y se extiende desde una cara lateral respectiva de la polea central 190, y una parte intermedia 250, que tiene una sección transversal circular, es coaxial a la parte proximal 240, y se extiende desde el extremo de la propia parte proximal 240. Preferentemente, la parte intermedia 250 tiene una extensión axial y radial tal como para permitir la inserción de la misma, preferentemente de manera oculta, en el orificio de centrado 36 mencionado anteriormente de un engranaje cónico correspondiente 33 asociado a una de las mordazas 29. Cada brazo transversal 210 comprende una parte de acoplamiento transversal 260, que se extiende coaxialmente desde la parte intermedia 250 y se inserta en el propio orificio de centrado 36. Cada parte de acoplamiento 260 tiene, en su extremo libre, una abertura axial respectiva 41, que comprende un borde interior 41a preferentemente ahusado para facilitar la inserción de los medios de fijación, constituidos, por ejemplo, por un tornillo. La abertura axial 41 se extiende longitudinalmente en lo que respecta a la parte proximal 240, dentro de la cual está en comunicación con la ranura transversal 39 para permitir el paso del cable.

Los miembros de engranaje cónico 9 están montados de manera rotatoria en las partes de conexión 220 de los brazos axiales 200 del miembro de soporte y movimiento 180 de manera que se fijan entre la polea central 190 y los brazos longitudinales 7 del anillo de soporte 5. Los extremos de los brazos axiales 200 se insertan en los orificios pasantes 8 de los brazos longitudinales 7 del anillo de soporte 5 mediante la interposición de los miembros de soporte de rodadura y se fijan axialmente, por ejemplo, por unos medios de tornillos que se acoplan a los orificios axiales 40.

Las mordazas 29 de los medios efectores 27 están montadas de manera rotatoria en las partes de conexión transversales 260 de los brazos transversales 210 del miembro de soporte y movimiento 180 y están bloqueadas, en la dirección de instalación paralela al eje de los brazos transversales 210, con el fin de soportar las partes intermedias 250 a través de los miembros de fijación, por ejemplo, unos medios de tornillo, que se acoplan a la abertura axial 41 (figuras 16 y 17).

El funcionamiento del instrumento para cirugía robótica que forma el objeto de la invención puede, en ambas de las realizaciones descritas, entenderse fácilmente a partir de la descripción anterior y, sin embargo, se describe a continuación para una mayor claridad.

Cada miembro de engranaje cónico 9 tiene el engranaje cónico 11 fijado con la parte dentada 13 que se engrana con la parte dentada 35 del engranaje cónico 33 de una mordaza 29 y con la parte lisa 12 sustancialmente orientada hacia la parte lisa 34 del engranaje cónico 33 de la otra mordaza 29. De esta manera, cada miembro de engranaje cónico 9 está acoplado cinemáticamente solo a una respectiva de las mordazas 29; es decir, el engranaje cónico 11 de cada miembro de engranaje cónico 9 se engrana solo con el engranaje cónico 33 de una mordaza respectiva 29, y viceversa. Esto permite, durante su funcionamiento, el movimiento de las dos mordazas 29 independientemente una de otra.

De hecho, los cables que acoplan las poleas 10 de los miembros de engranaje cónico 9 permiten, durante su funcionamiento, que se confieran las rotaciones independientes, alrededor del eje X, en los miembros de engranaje cónico 9, cada uno de los cuales, a continuación, transmite un movimiento de rotación correspondiente únicamente a

una mordaza respectiva 29, que gira alrededor del eje Y. De acuerdo con la dirección y la amplitud del ángulo de rotación de los miembros de engranaje cónico 9 es posible cerrar o abrir las mordazas 29 o bien girar los medios efectores 27 alrededor del eje Y, sin afectar el estado de apertura o cierre de las mordazas 29. Por ejemplo, girando los dos miembros de engranaje cónico 9 en direcciones opuestas de acuerdo con dos ángulos iguales de apertura, se obtiene la apertura o el cierre de las mordazas 29. En cambio, girando los dos miembros de engranaje cónico 9 de nuevo de acuerdo con dos ángulos iguales de apertura, pero en la misma dirección, se obtiene la rotación de las dos mordazas 29 alrededor del eje Y, sin afectar su estado de apertura o cierre.

En cambio, el cable que se acopla a la polea central 19 permite, durante su funcionamiento, una rotación de la totalidad del miembro de soporte y movimiento 18, 180, y de los medios efectores 27 montados en el mismo, alrededor del eje X, a impartirse, provocando de este modo la rotación de los medios efectores 27 alrededor del eje X sin afectar el estado de apertura o cierre de las mordazas 29.

El instrumento para cirugía robótica logra el fin de permitir que se alcancen las partes de interés y permite la percepción de todas las fuerzas y los pares de torsión reales implicados durante una intervención quirúrgica con el fin de maximizar la habilidad y la sensibilidad del cirujano. Dicho fin se logra, en particular, gracias al conjunto de articulación 4 y a los medios de sensor 28 asociados al mismo.

El miembro de soporte y movimiento 18, 180 del conjunto de articulación 4, de hecho, permite el movimiento de una forma óptima de los medios efectores 27, mientras que los medios de sensor 28 están fijados de tal manera que pueden detectar las fuerzas y los pares de torsión que no están afectados por las fuerzas de fricción de los componentes del instrumento quirúrgico 1. En particular, los sensores de fuerza 28 fijados en los brazos de soporte 31 de las mordazas 29 permiten la detección eficaz de la fuerza de agarre ejercida por los medios efectores 27 cuando se usan como una pinza.

Una de las ventajas del instrumento que forma el objeto de la invención está constituida por la conformación en forma de cruz del miembro de soporte y movimiento 18, 180, que confiere al instrumento quirúrgico una alta compacidad estructural y facilidad de uso, además de hacerle específicamente adecuado para su uso en cirugía mínimamente invasiva. Además, dicha solución constructiva representa como un todo una aproximación óptima de una muñeca esférica. A diferencia de los instrumentos de un tipo conocido, esto permite, entre otras cosas, la rotación de los medios efectores 27 alrededor de dos ejes perpendiculares entre sí con un solo conjunto de articulación.

Además, por medio de la disposición de los medios de fuerza-sensor adecuados 28 en los brazos axiales y transversales respectivos del miembro de soporte y transmisión 18, 180 es posible detectar todas las fuerzas y los pares de torsión aplicados por una carga externa en el instrumento quirúrgico 1.

Una prerrogativa del instrumento para cirugía robótica que forma el objeto de la invención está representada por el hecho de que el conjunto de articulación 4 comprende los engranajes cónicos 11, 33 montados en el miembro de soporte y movimiento 18, 180. Dichos engranajes permiten un movimiento fácil e independiente de cada brazo de soporte 31 de los medios efectores 27.

Una de las ventajas del instrumento que forma el objeto de la invención está representada por el hecho de que los medios efectores 27 pueden sustituirse fácilmente, estando soportados de manera rotatoria por los brazos transversales 21, 210 del miembro de soporte y movimiento 18, 180 y montados mediante la interposición de los miembros de soporte de rodadura.

Por último, debería observarse que el instrumento que forma el objeto de la invención está construido de una manera simple y robusta, además de tener un coste contenido, adaptado a los requisitos de un producto de consumo. En la realización práctica de la invención, los materiales usados, así como la forma y las dimensiones, pueden ser cualesquiera de acuerdo con las necesidades.

Cuando las características técnicas mencionadas en cada reivindicación están seguidas por unos signos de referencia, dichos signos de referencia se han incluido únicamente para facilitar la comprensión de las reivindicaciones y, por consiguiente, no tienen ningún valor que podría limitar el fin de cada elemento identificado, a modo de ejemplo, por dichos signos de referencia.

REIVINDICACIONES

1. Un instrumento para cirugía robótica diseñado para montarse en el extremo distal (2) de un brazo operativo (3) de un aparato para cirugía robótica, comprendiendo el instrumento (1): medios efectores (27) para realizar una acción determinada en el cuerpo de un paciente durante una operación quirúrgica; un conjunto de articulación (4) para soportar dichos medios efectores (27) y que conecta los medios efectores (27) a dicho extremo distal (2) de dicho brazo operativo (3); y unos primeros medios de sensor (28), que están asociados a dicho conjunto de articulación (4) para detectar las fuerzas y los pares de torsión aplicados a dichos medios efectores (27); estando el instrumento (1) **caracterizado por que** dicho conjunto de articulación (4) comprende: un miembro de soporte y movimiento (18; 180), que es en forma de cruz, está articulado a dicho extremo distal (2) de dicho brazo operativo (3), y está diseñado para soportar dichos medios efectores (27) de una manera móvil; y medios de transmisión (6), que están montados en dicho miembro de soporte y movimiento (18; 180) y están acoplados cinemáticamente a dichos medios efectores (27) y están configurados para acoplarse con los cables de control de dicho aparato de cirugía robótica para accionar dichos medios efectores (27).
2. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que dichos primeros medios de sensor (28) están montados en dicho miembro de soporte y movimiento (18; 180).
3. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que comprende unos segundos medios de sensor (28) fijados en dichos medios efectores (27) para detectar unas fuerzas interiores en dichos medios efectores (27).
4. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dicho conjunto de articulación (4) comprende un anillo de soporte (5) conectado a dicho extremo distal (2) de dicho brazo operativo (3) para soportar de manera rotatoria dicho miembro de soporte y movimiento (18, 180).
5. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que dicho miembro de soporte y movimiento (18; 180) comprende una polea central (19; 190) diseñada para acoplarse mediante un cable de control de dicho aparato para cirugía robótica, dos brazos axiales (20; 200), que están fijados con respecto a la polea central (19; 190) y que se extienden a lo largo de un primer eje (X) que coincide con el eje de la polea central (19; 190), y dos brazos transversales (21; 210), que están fijados con respecto a la polea central (19; 190) y se extienden radialmente en lados opuestos de la polea central (19; 190) a lo largo de un segundo eje (Y) ortogonal al primer eje (X) para soportar dichos medios efectores (27) de manera rotatoria alrededor del segundo eje (Y); soportando dicho anillo de soporte (5) de manera rotatoria dichos brazos axiales (20; 200) de tal manera que dicho miembro de soporte y movimiento (18; 180) y dichos medios efectores (27) pueden girar juntos alrededor del primer eje (X) de acuerdo con las órdenes impartidas por dicho cable de control.
6. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que dichos medios de transmisión (6) comprenden unos miembros de engranaje cónico (9) montados de manera rotatoria en dichos brazos axiales (20; 200) de dicho miembro de soporte y movimiento (18; 180) para girar alrededor de dicho primer eje (X).
7. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que dichos miembros de engranaje cónico (9) comprenden al menos una polea adicional (10), que está diseñada para acoplarse mediante un cable de control adicional respectivo de dicho aparato para cirugía robótica, y al menos un primer engranaje cónico (11) asociado a dicha polea adicional (10) para transmitir los movimientos impartidos por los cables de control adicionales a dichos medios efectores (27).
8. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que dichos medios efectores (27) comprenden al menos una mordaza (29), que está montada de manera rotatoria en uno de dichos brazos transversales (21; 210) para girar alrededor de dicho segundo eje (Y), y comprende un segundo engranaje cónico (33) que se engrana con dicho primer engranaje cónico (11) de dichos miembros de engranaje cónico (9).
9. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que dicho primer engranaje cónico (11) comprende una primera superficie exterior tronco-cónica que tiene una primera parte lisa (12) y una primera parte dentada (13), que es complementaria a la primera parte lisa (12), y dicho segundo engranaje cónico (33) comprende una segunda superficie exterior tronco-cónica que tiene una segunda parte lisa (34) y una segunda parte dentada (35), que es complementaria de la segunda parte lisa (34); estando el primer engranaje cónico (11) fijado con la primera parte dentada (13) que se engrana con la segunda parte dentada (35) de dicho segundo engranaje cónico (33).
10. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que dichos medios de transmisión (6) comprenden dos miembros de engranaje cónico (9), estando cada uno de ellos montado de manera rotatoria en uno respectivo de dichos brazos axiales (20; 200) para girar alrededor de dicho primer eje (X), y dichos medios efectores (27) comprenden dos mordazas (29), estando cada una de ellas montada de manera rotatoria en uno respectivo de dichos brazos transversales (21; 210) para girar alrededor de dicho segundo eje (Y) y estando

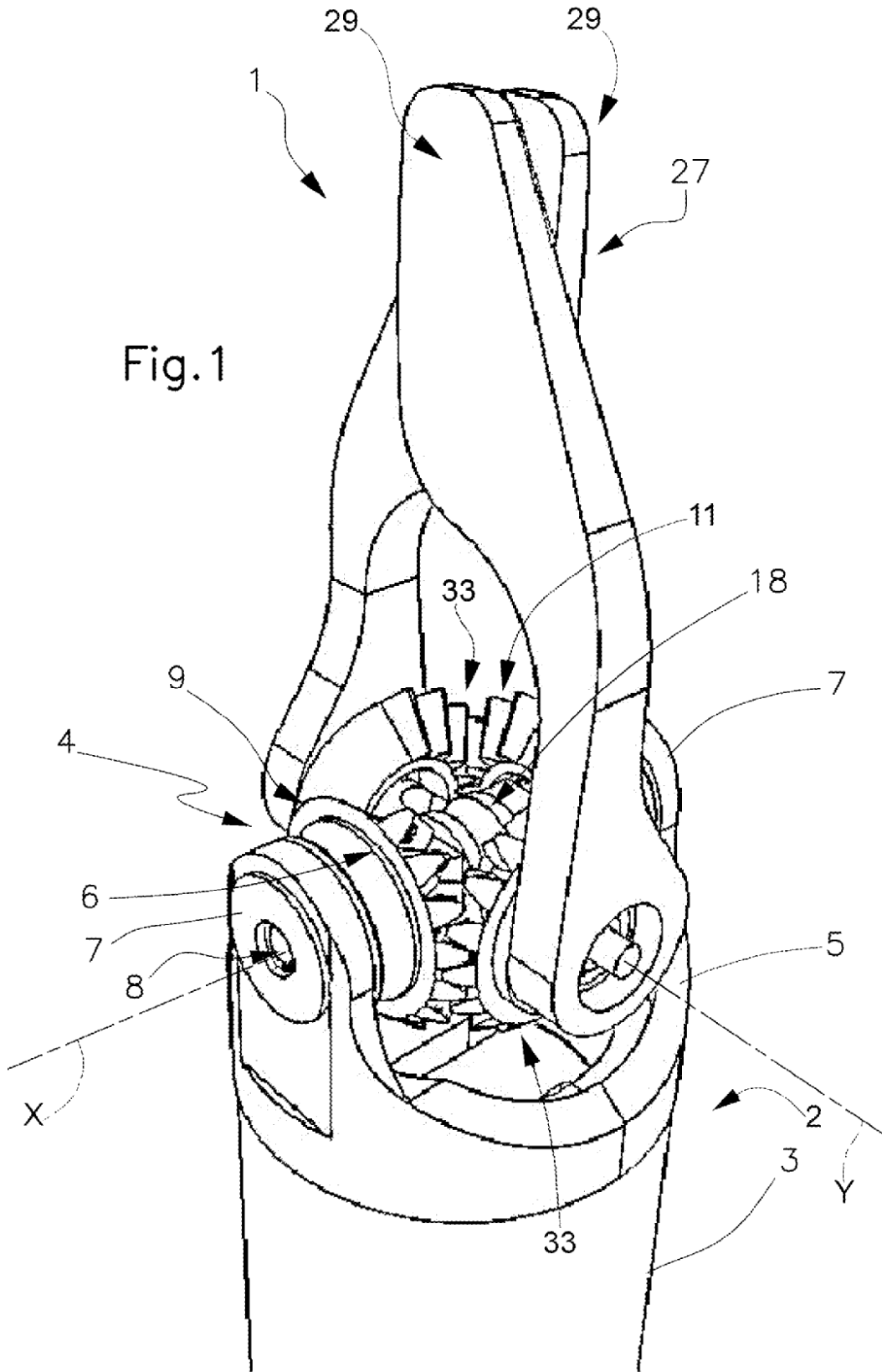
acoplados cinemáticamente solamente a uno respectivo de dichos miembros de engranaje cónico (9) para permitir el accionamiento de las dos mordazas (29) independientemente una de otra.

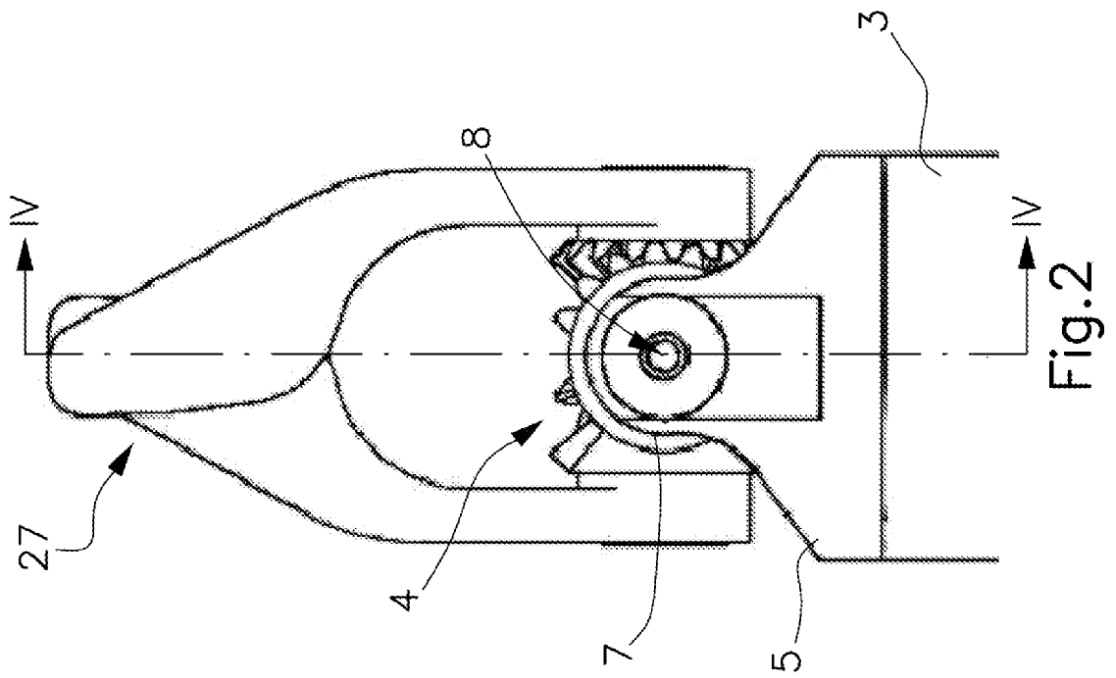
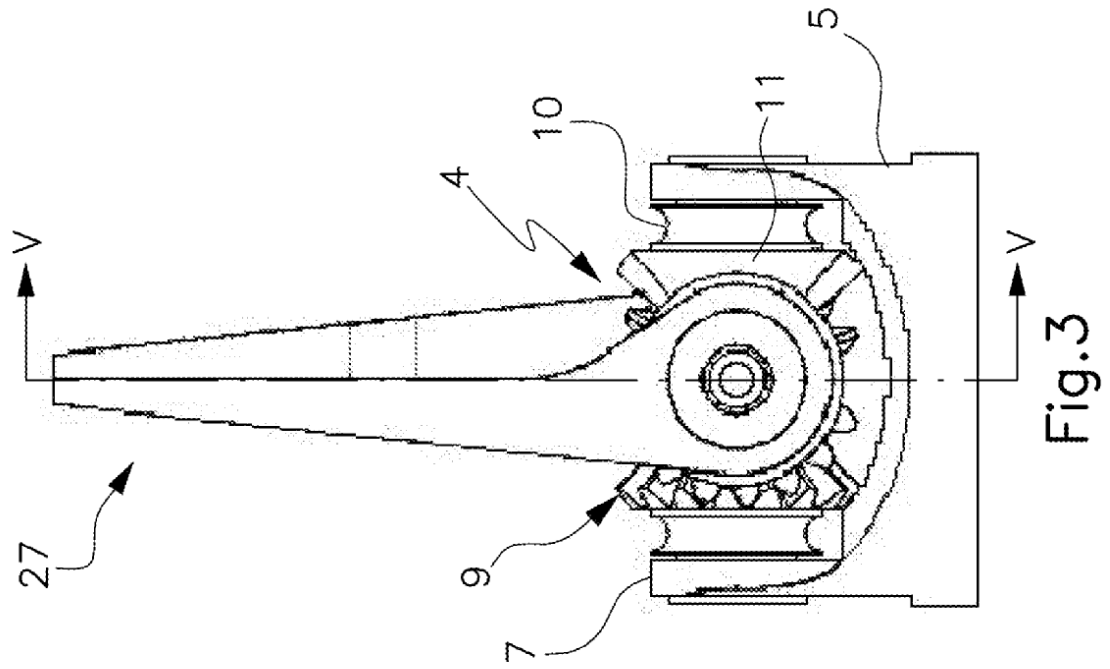
5 11. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que cada uno de dichos miembros de engranaje cónico (9) comprende una polea adicional respectiva (10), que está diseñada para acoplarse mediante un cable de control adicional respectivo de dicho aparato para cirugía robótica, y al menos un primer engranaje cónico respectivo (11) asociado a dicha polea adicional (10); comprendiendo cada mordaza (29) un segundo engranaje cónico respectivo (33), que se engrana con el primer engranaje cónico (11) del miembro de engranaje cónico (9) asociado a la mordaza (29) para transmitir los movimientos impartidos por el cable de control adicional respectivo a la mordaza correspondiente (29).
10

12. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por que cada uno de dichos primeros engranajes cónicos (11) comprende una primera superficie exterior tronco-cónica respectiva que tiene una primera parte lisa (12) y una primera parte dentada (13), que es complementaria a la primera parte lisa (12), y cada uno de dichos segundos engranajes cónicos (33) comprende una segunda superficie exterior tronco-cónica respectiva que tiene una segunda parte lisa (34) y una segunda parte dentada (35), que es complementaria a la segunda parte lisa (34); estando el primer engranaje cónico (11) de cada miembro de engranaje cónico (9) fijado con la primera parte dentada (13) que se engrana con la segunda parte dentada (35) del segundo engranaje cónico (33) de una mordaza (29) y con la primera parte lisa (12) orientada sustancialmente hacia la segunda parte lisa (34) del segundo engranaje cónico (33) de la otra mordaza (29).
15
20

13. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que cada uno de dichos brazos axiales y transversales (20, 21) de dicho miembro de soporte y movimiento (18; 180) comprende una parte de detección respectiva (22, 25), que tiene al menos una parte de superficie plana paralela u ortogonal a un plano en el que se encuentran dichos ejes primero y segundo (X, Y); estando dichos primeros medios de sensor (28) fijados en al menos una de las partes de superficie plana.
25

14. El instrumento para cirugía robótica de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que dichos medios efectores (27) comprenden al menos una mordaza (29), que está montada de manera rotatoria en dicho miembro de soporte y movimiento (18, 180) y comprenden un brazo de soporte (31) y un miembro terminal (32); estando dichos segundos medios de sensor (28) fijados en al menos un lado de dicho brazo de soporte (31).
30





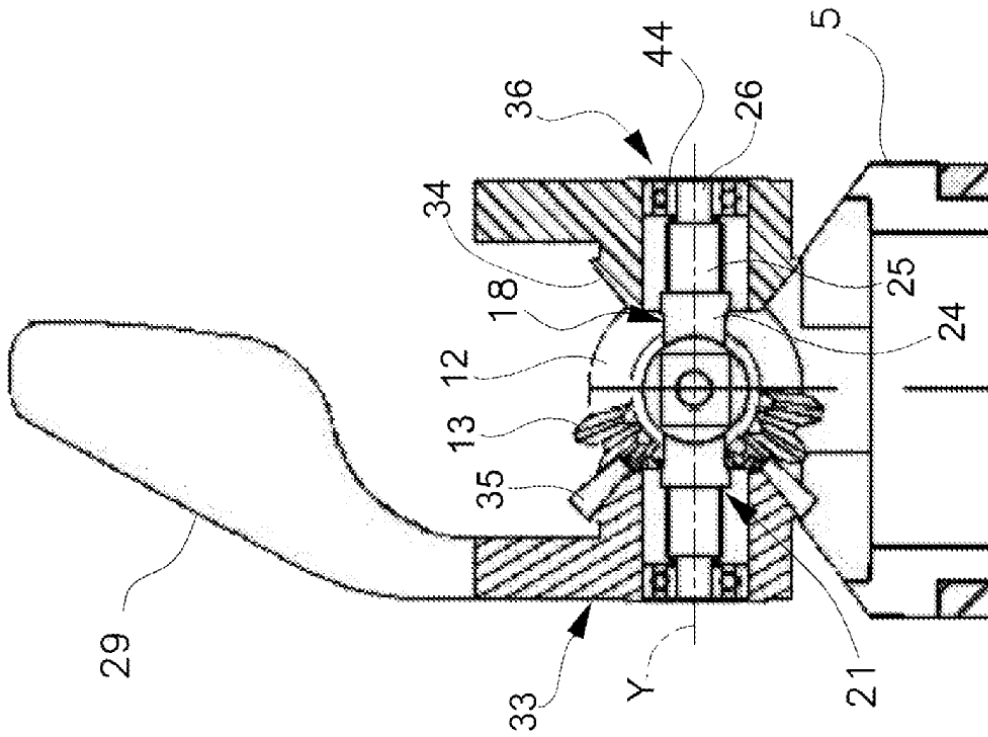


Fig. 5

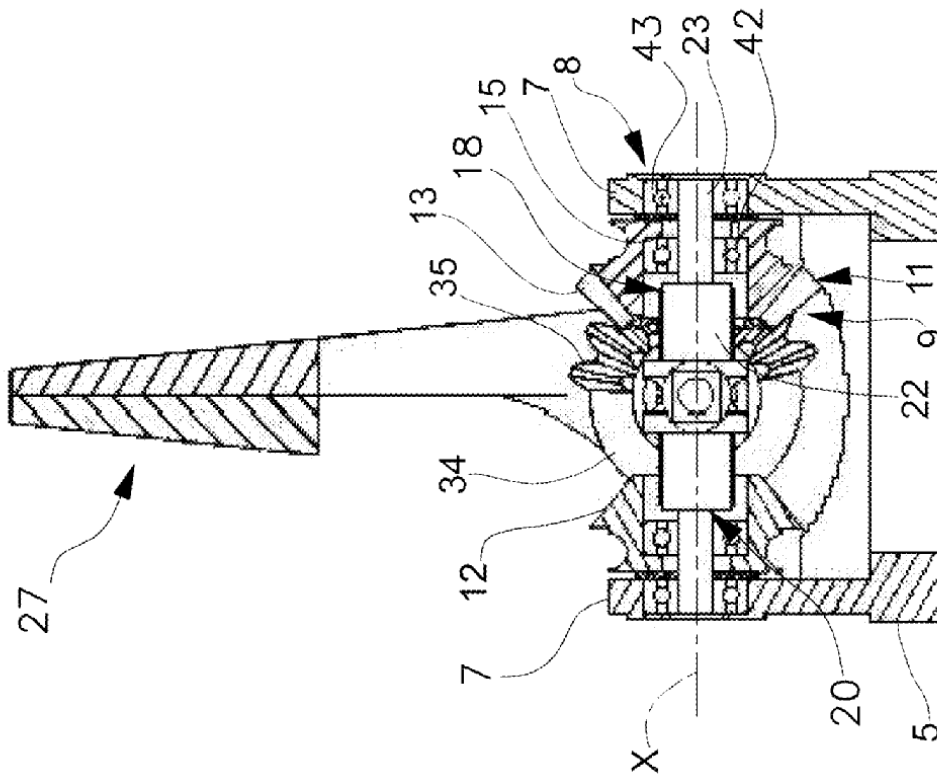


Fig. 4

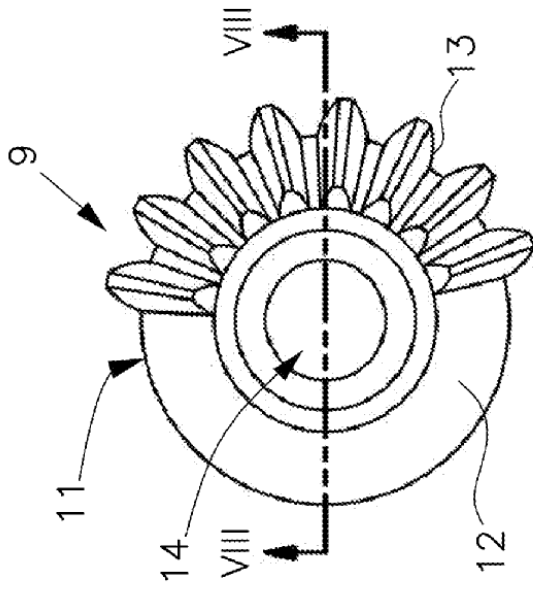


Fig.7

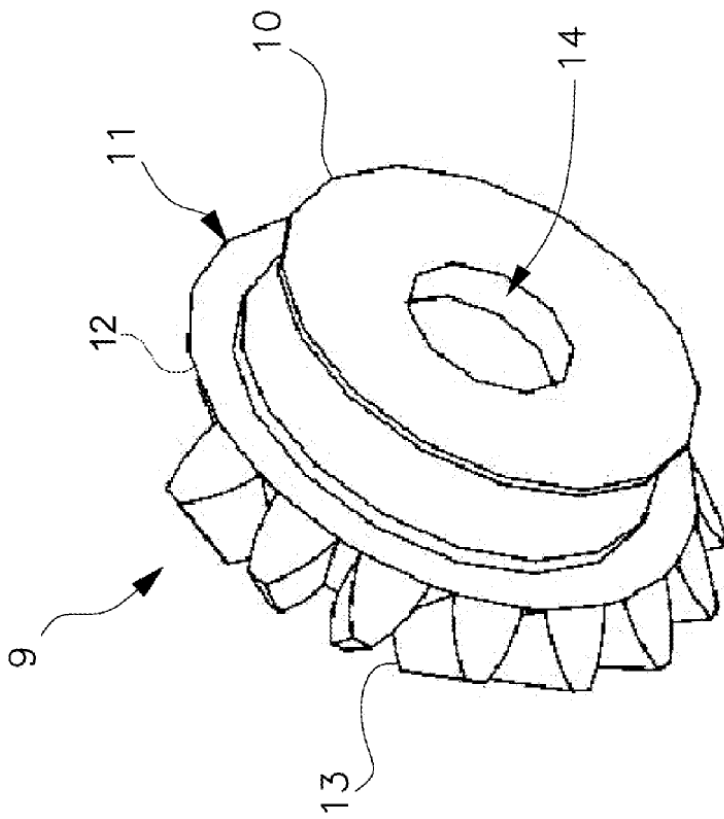
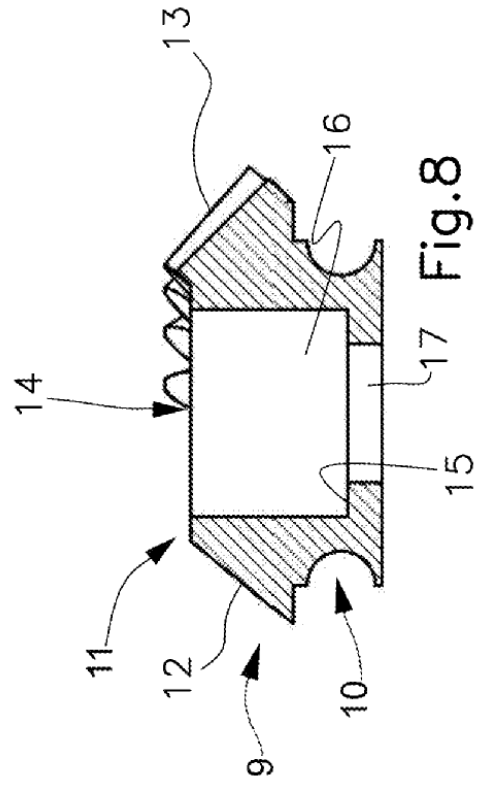


Fig.6

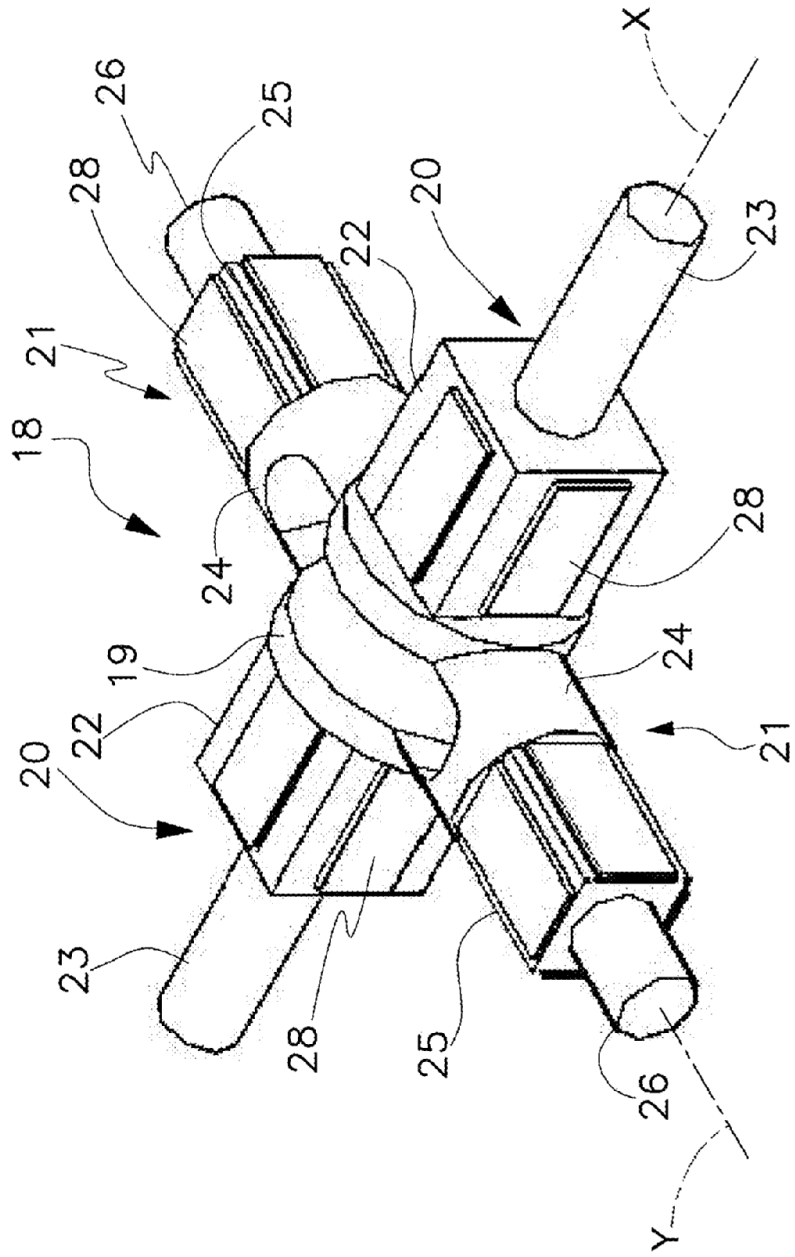
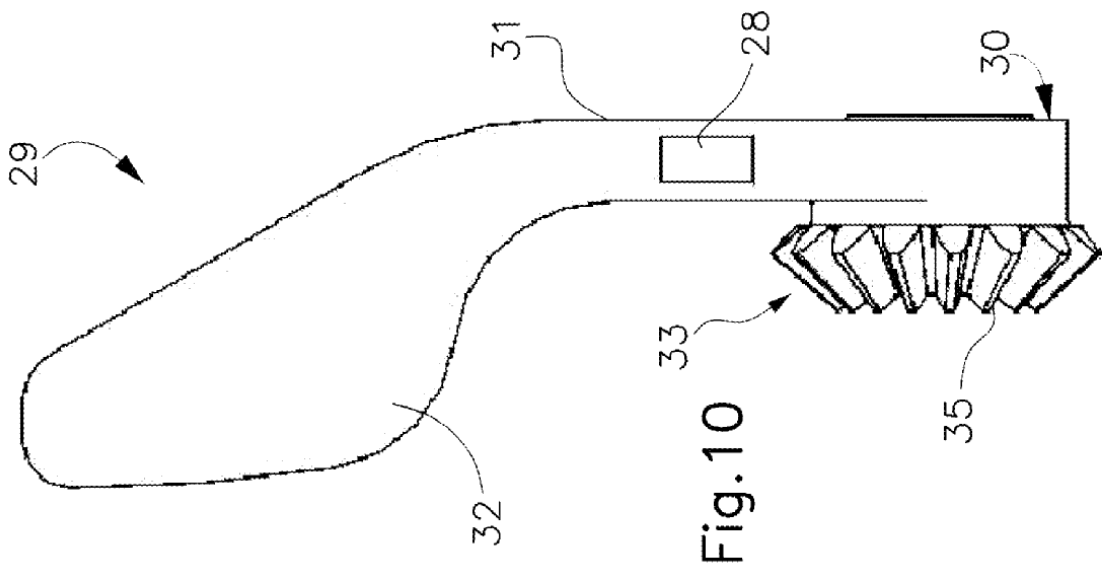
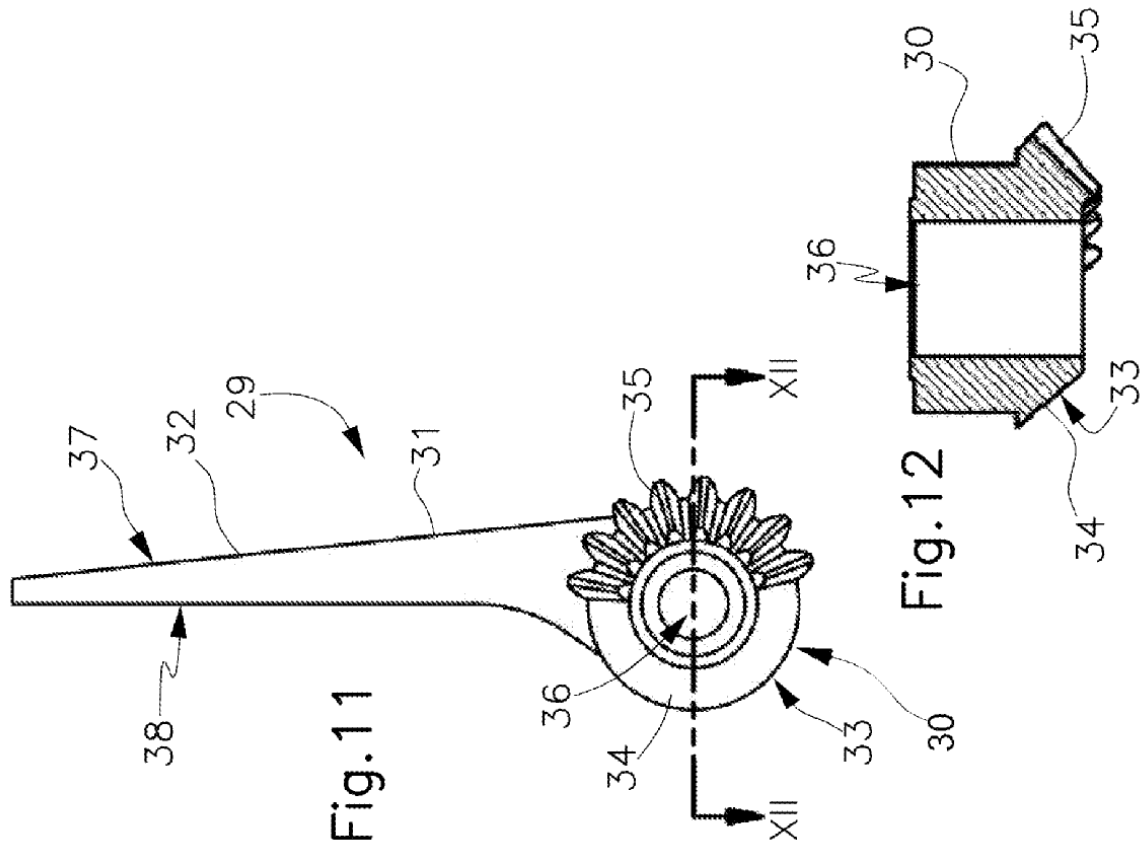
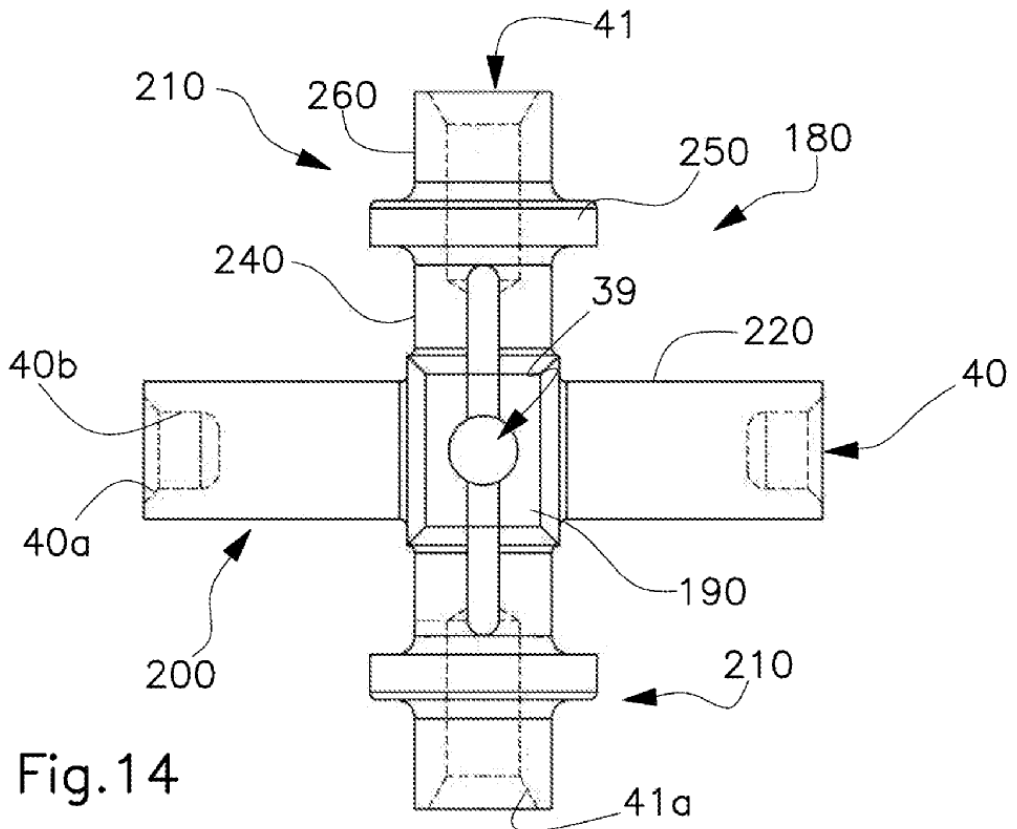
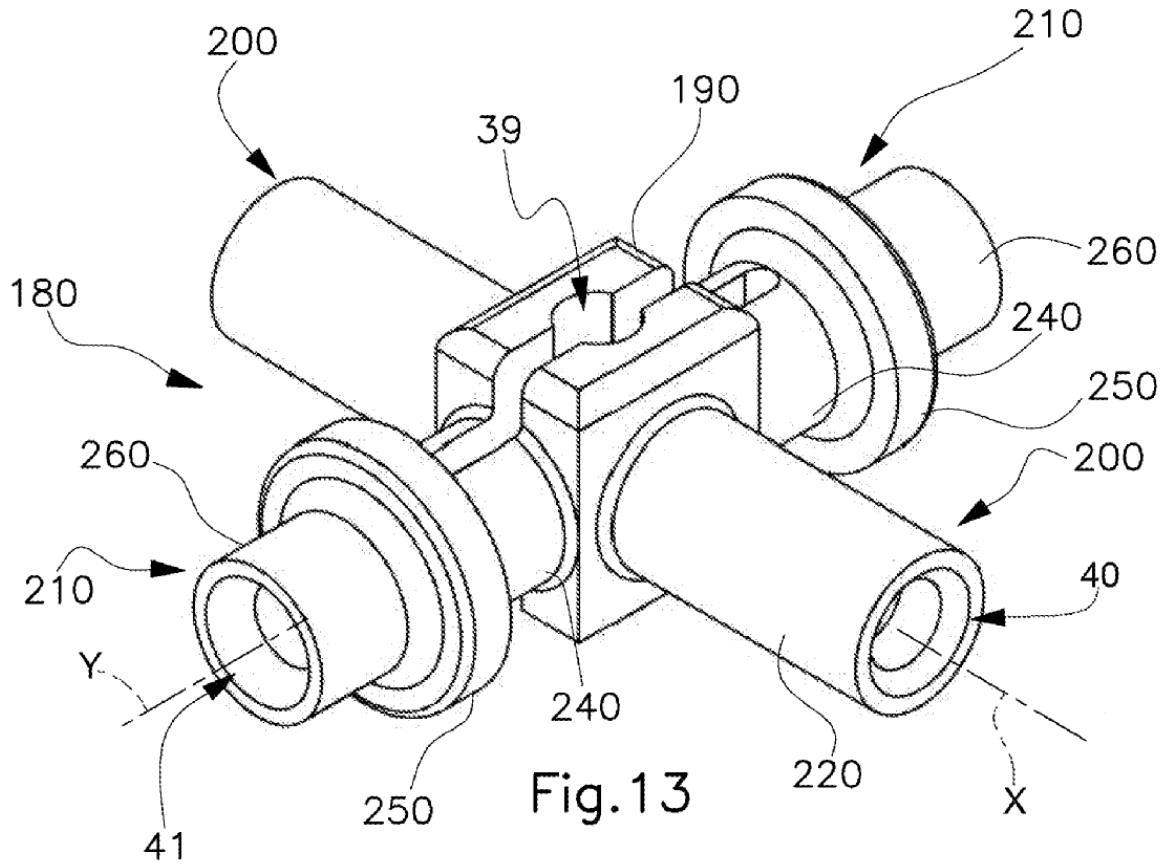


Fig.9





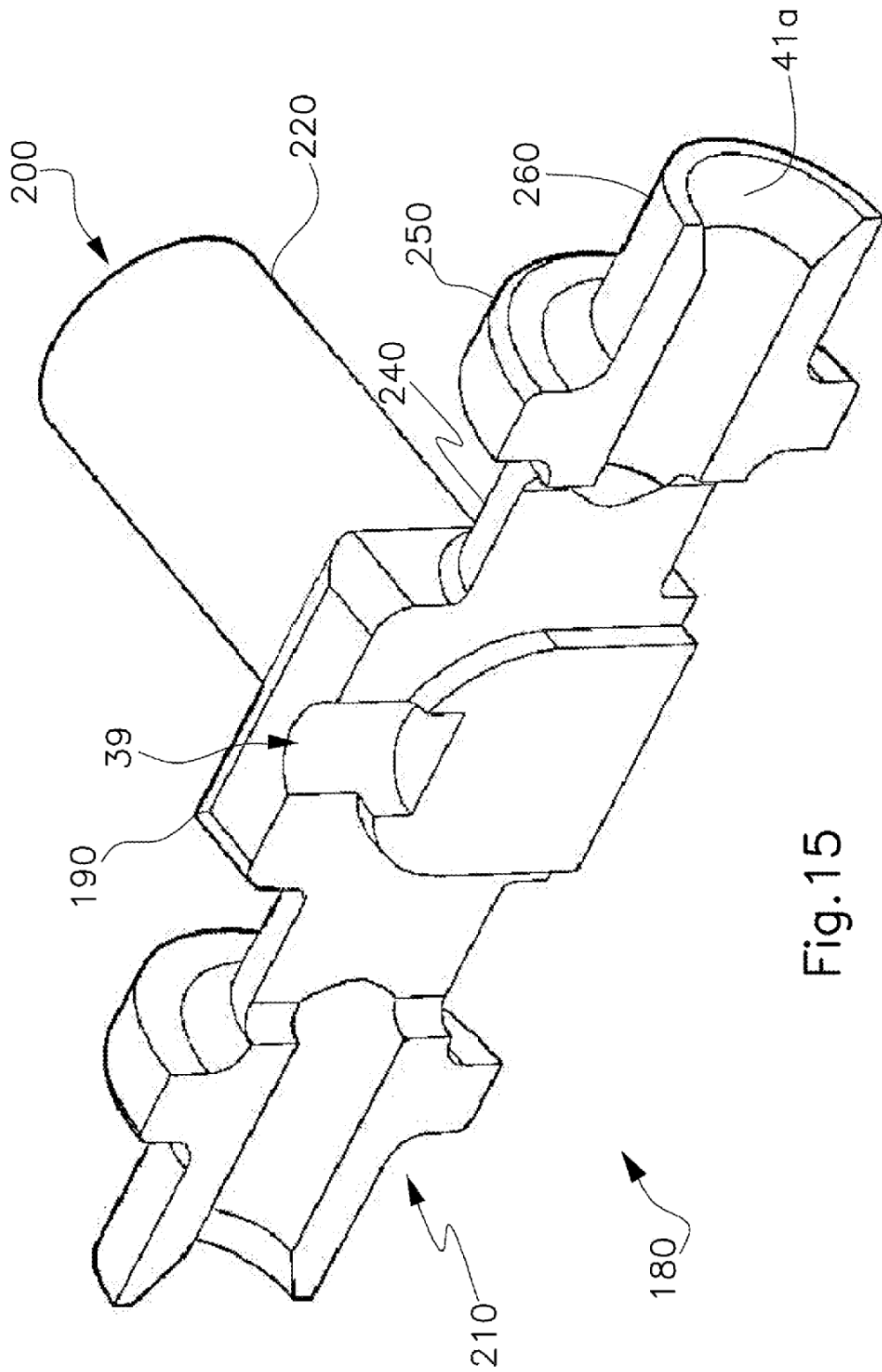


Fig.15

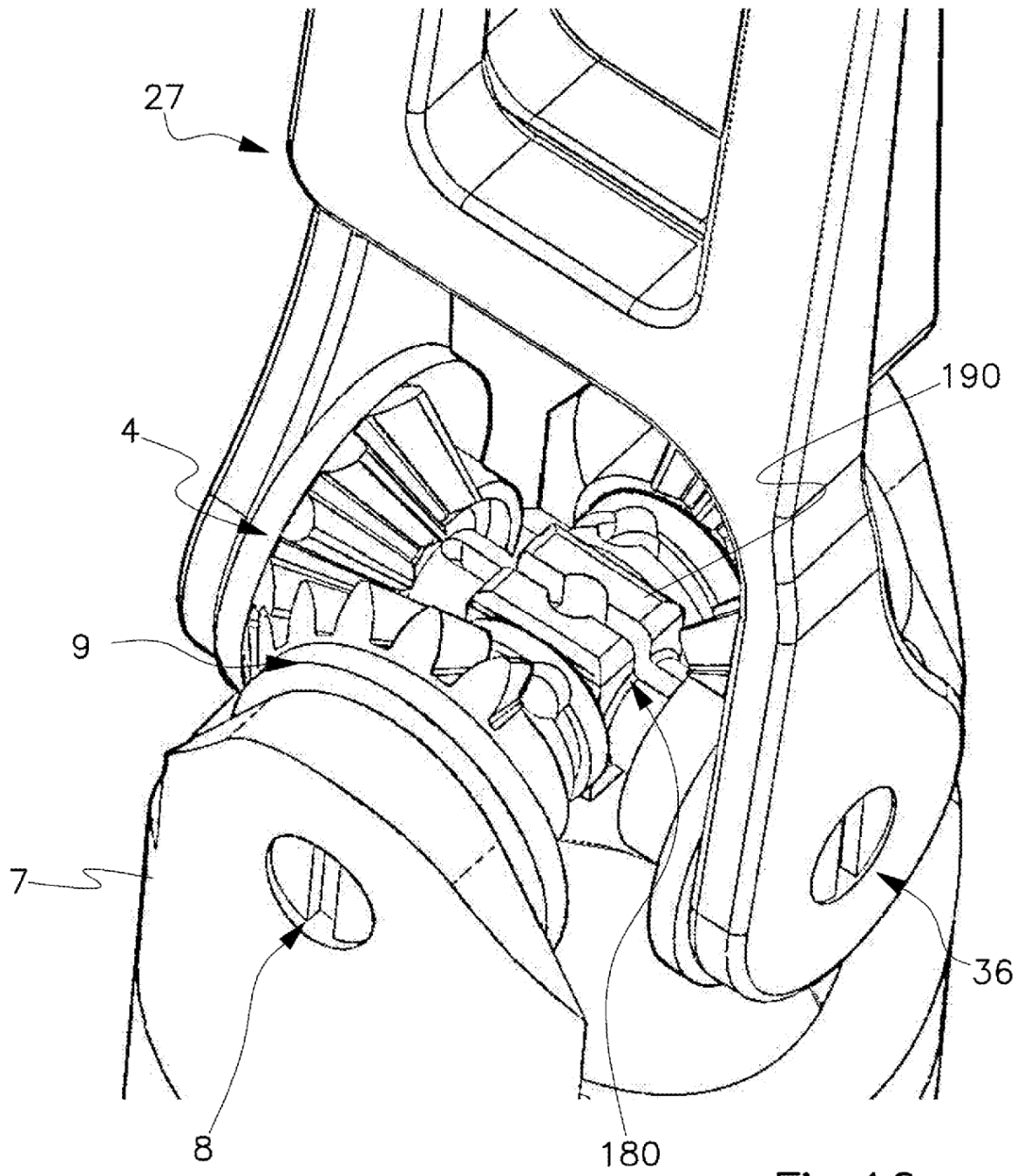


Fig.16

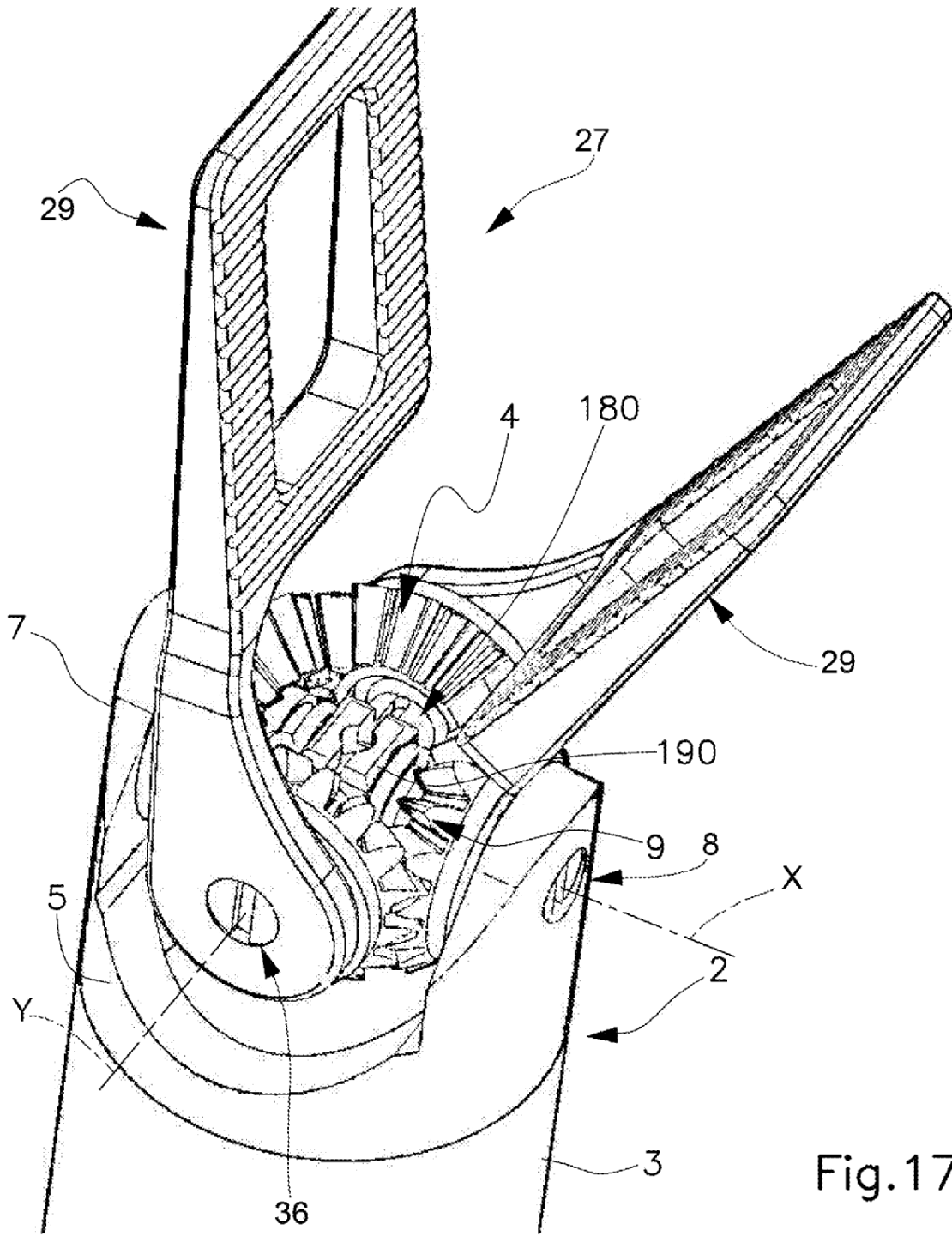


Fig.17