

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 650**

51 Int. Cl.:

A61B 1/012 (2006.01)

A61B 1/00 (2006.01)

A61B 1/05 (2006.01)

A61B 1/313 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2013 PCT/EP2013/070740**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2014 WO14053649**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2013 E 13771538 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2903495**

54 Título: **Sistema de formación de imágenes de visión múltiple para cirugía laparoscópica**

30 Prioridad:

05.10.2012 FR 1259489

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.06.2019

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS) (33.3%)**

3, rue Michel Ange

75016 Paris, FR;

**UNIVERSITÉ JOSEPH FOURIER - GRENOBLE 1
(33.3%) y**

**CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE
GRENOBLE (33.3%)**

72 Inventor/es:

VOROS, SANDRINE;

CINQUIN, PHILIPPE;

FOUARD, CÉLINE y

TAMADAZTE, BRAHIM

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 715 650 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

Sistema de formación de imágenes de visión múltiple para cirugía laparoscópica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de la formación de imágenes médicas, especialmente a la formación de imágenes en el contexto de la cirugía laparoscópica.

Estado de la técnica

10 La cirugía laparoscópica, también llamada cirugía mínimamente invasiva (CMI), utilizada en particular para realizar operaciones intraabdominales o intratorácicas, requiere pequeñas incisiones, generalmente inferiores a 1 cm, en comparación con las grandes incisiones requeridas en laparotomía. Este enfoque permite aminorar la pérdida de sangre y el dolor postoperatorio, tener un sangrado bajo, reducir el tiempo de recuperación y proporcionar una mejor cicatrización.

15 La cirugía laparoscópica pertenece al campo más amplio de la endoscopia, que utiliza sistemas de imágenes que permiten visualizar el campo quirúrgico. Un endoscopio puede consistir en un conjunto de lentes dispuestas en un tubo y conectadas a una cámara de video, o puede ser un laparoscopio digital en el que un sensor CCD (acrónimo inglés de "Charge-Coupled Device" para "dispositivo de carga acoplada") se coloca en el extremo activo del laparoscopio para la adquisición de las imágenes.

20 En las técnicas laparoscópicas, los cirujanos a menudo utilizan de dos a cuatro instrumentos específicos introducidos en el cuerpo del paciente a través de otros tantos trócares. El cirujano lleva un instrumento en cada una de sus manos, de modo que el endoscopio debe, en general, ser sostenido por un asistente. Como resultado, el cirujano no tiene total libertad para controlar la visualización del endoscopio.

25 Por lo tanto, se han desarrollado robots para permitir al cirujano controlar por sí mismo, mediante, por ejemplo, un comando de voz, la orientación y el zoom del endoscopio, de manera precisa, de acuerdo con sus necesidades durante una intervención sin tener que comunicarse con un asistente. Puede mencionarse, por ejemplo, el robot portaendoscopio ViKY® comercializado por la sociedad Endocontrol, o el robot médico daVinci® comercializado por la sociedad Intuitive Surgical. Aunque estos robots han permitido mejorar en gran medida la práctica de los cirujanos, todavía hay áreas de mejora, especialmente en lo que respecta a la limitación del campo de visión que ofrecen estos dispositivos, su calidad y el acceso a áreas ocultas en el campo quirúrgico.

30 Entre los desarrollos de los sistemas de visualización para la cirugía laparoscópica, se han propuesto dispositivos de visión estereoscópica. Por ejemplo, el documento US 5.305.121 propone reemplazar el mono-endoscopio tradicional con un estéreo-endoscopio que comprende un tubo en el interior por el que puede deslizarse una iluminación basada en fibra óptica y una disposición de dos cámaras CCD montadas en la iluminación. Inicialmente, las cámaras se colocan en el tubo que también contiene la fuente de luz. Una vez que este tubo se introduce en la cavidad abdominal a través de un trocar, el profesional empuja las cámaras fuera del tubo a través de la iluminación. A continuación, las cámaras pueden orientarse entre mediante accionadores AMF (acrónimo de "aleaciones con memoria de forma" o SMA según el acrónimo inglés "Shape-Memory Alloy"). Dicho dispositivo está destinado a proporcionar al profesional información más completa sobre el campo quirúrgico gracias a la visión estereoscópica. Sin embargo, este dispositivo de visión estereoscópica comprende las mismas limitaciones que un mono-endoscopio, especialmente en términos de resolución, profundidad de campo y campo de visión. Además, el diseño propuesto requiere un despliegue de cámaras en el campo quirúrgico que no están controladas y que puede llegar a golpear ciertos órganos internos y comprometer la intervención quirúrgica.

40 El documento US 6.614.595 proporciona un sistema de formación de imágenes que permite ampliar el campo de visión habitual, ya que este documento propone un endoscopio que combina dos ópticas dispuestas para proporcionar una visión estereoscópica a una tercera óptica que permite una visión más amplia. Más específicamente, se propone integrar en el mismo cuerpo un conjunto de lentes en serie, que permitan llevar la imagen de la parte distal del endoscopio a la parte exterior sobre la cual se fija una cámara. La arquitectura de monobloques propuesta, en la que el sistema de visión global es totalmente dependiente del sistema de visión estereoscópica, en términos de orientación y desplazamiento a lo largo del eje óptico del endoscopio (zoom de acercamiento y zoom de alejamiento) se presenta como una garantía de un amplio campo de visión global, al tiempo que tiene una calidad de imagen suficiente para una visualización precisa para cámaras remotas que permiten una visión estereoscópica. Sin embargo, la arquitectura propuesta es muy compleja y está muy limitada por el tamaño del cuerpo utilizado. Tal sistema tampoco es óptimo para garantizar al profesional una visión global cuando desee realizar una ampliación con visión estereoscópica.

55 El documento US 2012/0065468 también propone un sistema de formación de imágenes endoscópicas, especialmente adaptado para la colonoscopia, que ofrece un campo de visión más amplio en comparación con los endoscopios tradicionales. De hecho, se proporciona un endoscopio que tiene un cuerpo cilíndrico con su extremo distal, de una manera convencional, un primer elemento de visión, tal como una cámara, comprendiendo el endoscopio, además, uno o más elementos de visión secundarios fijados en las paredes laterales del cuerpo

5 cilíndrico, para proporcionar una visión lateral además de la visión central. Estos elementos de visión lateral proporcionan información adicional al profesional cuando el endoscopio está avanzado en el colon, y posiblemente permiten visualizar elementos específicos que han de ser tratados en las paredes internas de dicho colon. Sin embargo, tal sistema no está destinado a la cirugía laparoscópica, donde no es de interés, ya que la visión lateral no es útil para la operación como tal. Además, un dispositivo de este tipo no proporciona al profesional una visión global del campo quirúrgico combinada con una visión específica de un elemento seleccionado dentro de este campo quirúrgico.

10 El documento US 2011/0306832 propone un endoscopio que permite una visualización del campo quirúrgico de acuerdo con diferentes puntos de vista, o una visualización tridimensional de dicho campo quirúrgico. A tal fin, se proporciona un endoscopio que tiene un extremo distal al cual se sujetan tres brazos desplegables, cada uno de los cuales lleva un sensor de video para permitir la visualización del campo quirúrgico durante la intervención. Este endoscopio también puede incluir opcionalmente una cámara en su eje central, usándose esta cámara central únicamente para facilitar la inserción del endoscopio en el campo quirúrgico, y la cual no se usa durante la intervención como tal. Dicho sistema de visualización, sin embargo, tiene un diseño complejo y muy específico. Además, no proporciona al profesional una visión global del campo quirúrgico combinada con una visión específica de un elemento elegido dentro de tal campo quirúrgico.

15 Un objeto de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar un sistema de formación de imágenes para cirugía laparoscópica que resuelva al menos uno de los inconvenientes mencionados anteriormente.

20 En particular, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de formación de imágenes para cirugía laparoscópica que ofrezca al profesional un campo de visión ampliado al tiempo que permite ampliaciones en un área específica del campo quirúrgico.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de formación de imágenes para cirugía laparoscópica de visión múltiple, que resulte fácil de usar y que ofrezca una mayor seguridad para el paciente.

25 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de formación de imágenes para cirugía laparoscópica de visión múltiple que proporcione una visión global de la cavidad abdominal. Esto permite visualizar de forma más amplia, por ejemplo, la introducción de instrumentos en la cavidad abdominal.

Otro objeto más de la presente invención es proporcionar un sistema de formación de imágenes para cirugía laparoscópica, que pueda adaptarse a los endoscopios estándar existentes.

Sumario de la invención

30 A tal fin, se propone un sistema de formación de imágenes para cirugía laparoscópica de visión múltiple, caracterizado porque comprende:

- Un elemento tubular, teniendo dicho elemento tubular un eje longitudinal, un extremo distal y un extremo proximal;
- Un primer dispositivo de formación de imágenes que tiene un cuerpo longitudinal y un extremo activo para la adquisición de imágenes, estando adaptado el primer dispositivo de formación de imágenes para insertarse a través del elemento tubular con el extremo activo proyectado del extremo distal, y pudiendo el primer dispositivo de formación de imágenes moverse en el elemento tubular en traslación a lo largo del eje longitudinal y/o en rotación alrededor del eje longitudinal;
- Un segundo dispositivo de formación de imágenes que comprende al menos dos cámaras, cada una de las cuales está montada en un elemento de soporte y que pueden desplazarse con relación al elemento tubular entre:
 - o Una posición retraída en la cual las cámaras están posicionadas dentro del elemento tubular, y
 - o Una posición extendida en la que las cámaras están posicionadas fuera del elemento tubular en el extremo distal, estando las cámaras dispuestas a ambos lados del eje longitudinal del elemento tubular y manteniéndose fijas en relación con el elemento tubular por medios de sujeción, para seguir cualquier movimiento del elemento tubular.

Los aspectos preferidos, pero no limitativos, de este sistema de formación de imágenes, tomados solos o en combinación, son los siguientes:

- los medios de sujeción están formados al menos parcialmente por la pared de los elementos de soporte adaptados para soportar el cuerpo longitudinal del primer dispositivo de formación de imágenes, en la posición desplegada.
- los medios de sujeción comprenden elementos de retorno para sostener las cámaras contra el elemento tubular en la posición desplegada.
- en la posición retraída, las cámaras están alineadas dentro del elemento tubular a lo largo del eje longitudinal.
- en la posición retraída, las cámaras se posicionan dentro del elemento tubular, enfrentadas una a la otra, a ambos lados del eje longitudinal.

- en la posición desplegada, las cámaras se posicionan de manera que tengan un eje óptico paralelo al eje longitudinal.
- en la posición desplegada, las cámaras se posicionan de manera que los ejes ópticos de las cámaras formen un ángulo comprendido entre 6° y 15°.
- 5 - en la posición desplegada, las cámaras se posicionan de manera que los ejes ópticos de las cámaras estén separados por una distancia de entre 10 milímetros y 30 milímetros.
- en la posición desplegada, las cámaras se posicionan de modo que los ejes ópticos de las cámaras y el eje longitudinal estén en el mismo plano.
- 10 - los elementos de soporte se montan en rotación con relación al elemento tubular, comprendiendo los elementos de soporte un pasador de accionamiento que permite que el cuerpo longitudinal desplace en rotación los elementos de soporte para su despliegue al insertar el primer dispositivo de formación de imágenes en el elemento tubular.
- los elementos de soporte se montan en traslación con relación al elemento tubular, comprendiendo los elementos de soporte un pasador de accionamiento que permite que el cuerpo longitudinal desplace en traslación los elementos de soporte para su despliegue al insertar el primer dispositivo de formación de imágenes en el elemento tubular.
- 15 - el elemento tubular comprende dos raíles y los elementos de soporte de las cámaras comprenden un pasador de guía adaptado para cooperar con los raíles para la traslación guiada de los elementos de soporte de las cámaras con respecto al elemento tubular.
- 20 - el elemento tubular es un trócar adaptado para ser colocado a través de una incisión hecha en el cuerpo de un paciente.
- el elemento tubular es un adaptador interno adaptado para ser insertado dentro de una porción tubular de un trócar, siendo el diámetro interior del elemento tubular sustancialmente igual al diámetro exterior de la porción tubular del trócar.
- 25 - el elemento tubular es un adaptador externo dentro del cual se pretende insertar una porción tubular de un trócar, siendo el diámetro exterior del elemento tubular sustancialmente igual al diámetro interior de la porción tubular del trócar.
- el primer dispositivo de formación de imágenes es un endoscopio.

30 **Descripción de las figuras**

Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción, que es meramente ilustrativa y no restrictiva y debe leerse con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- La figura 1 es una representación de un campo quirúrgico con herramientas quirúrgicas y el sistema de formación de imágenes de visión múltiple de acuerdo con la invención;
- 35 - La figura 2 es una representación en perspectiva del sistema de formación de imágenes de visión múltiple de acuerdo con la invención;
- Las figuras 3A, 3B y 3C muestran la estructura y el funcionamiento del sistema de formación de imágenes de visión múltiple de acuerdo con una primera realización de la invención;
- Las figuras 4A, 4B y 4C muestran la estructura y el funcionamiento del sistema de formación de imágenes de visión múltiple de acuerdo con una segunda realización de la invención;
- 40 - Las figuras 5 y 6 muestran la estructura del sistema de formación de imágenes de visión múltiple de acuerdo con una tercera realización de la invención;
- Las figuras 7 y 8 muestran la estructura del sistema de formación de imágenes de visión múltiple de acuerdo con una cuarta realización de la invención;
- 45 - La figura 9 representa una secuencia de imágenes tomadas por un endoscopio tradicional durante la reproducción de una tarea de sutura laparoscópica;
- La figura 10 representa una secuencia de imágenes tomadas por el sistema de formación de imágenes de visión múltiple de acuerdo con la invención durante la reproducción de una tarea de sutura laparoscópica.

50 **Descripción detallada de la invención**

El sistema de formación de imágenes propuesto consiste en combinar un primer dispositivo de formación de imágenes utilizado convencionalmente por los cirujanos durante las intervenciones laparoscópicas, por ejemplo, la endoscopia, con un segundo dispositivo de formación de imágenes que proporciona una visión global del campo quirúrgico en el que interviene el cirujano. Este segundo dispositivo de formación de imágenes tiene por objeto proporcionar al cirujano información adicional sobre el entorno quirúrgico, para facilitar su intervención sin tener que intervenir necesariamente en el primer dispositivo de formación de imágenes, en particular para moverlo. El cirujano, por ejemplo, se libera de los movimientos tradicionales (introducción y extracción) del endoscopio para acercarse o alejar el campo quirúrgico. El nuevo sistema de formación de imágenes garantiza una visión global del sitio quirúrgico, mientras que el endoscopio garantiza una visión más local y precisa de tal sitio.

- 60 En el resto de la descripción, el primer dispositivo de formación de imágenes descrito es un endoscopio 20 que el cirujano puede insertar en el campo quirúrgico a través de un trócar 10 colocado a través de una incisión hecha en el paciente. Sin embargo, se podría usar cualquier dispositivo de formación de imágenes que tenga características similares a los endoscopios, especialmente en términos de forma. En particular, el primer dispositivo de imágenes

podría funcionar con tecnologías de formación de imágenes por infrarrojos, fluorescencia o ultrasonidos.

El endoscopio 20 tiene un cuerpo longitudinal 21 y un extremo activo 22 para la adquisición de imágenes. Este extremo activo 22 corresponde a la porción del endoscopio 20 destinada a estar en el campo quirúrgico para la observación. Los endoscopios tradicionales utilizan un conjunto de lentes ópticas colocadas en el cuerpo longitudinal 21 desde el extremo activo 21 hasta el extremo opuesto donde generalmente se coloca una cámara 40, conectada a un sistema de proyección, tal como una pantalla, para la visualización por parte del cirujano. Con la miniaturización de la electrónica, hoy en día existen endoscopios 20, llamados endoscopios electrónicos, en los que el sensor de la cámara se coloca directamente en el extremo activo, lo que evita tener un complejo sistema de lentes.

Durante un intervención, el endoscopio 20 se inserta a través de un trócar 10 que permite sellar entre la incisión realizada en el paciente y el endoscopio. El trócar también actúa como intermediario para la introducción de gas CO₂ en la cavidad abdominal a fin de crear un espacio de trabajo para el cirujano. Además, el trócar 10 permite guiar los movimientos del endoscopio 20 en relación con el paciente. El trócar puede considerarse como una conexión de tipo rótula con el cuerpo del paciente en el elemento de sellado 11 colocado en la incisión hecha en el cuerpo del paciente. El endoscopio 20 tiene dimensiones adaptadas para que el cuerpo longitudinal 21 pueda insertarse a través del trócar 10, pudiendo moverse en el trócar 10 según una traslación a lo largo del eje longitudinal L y/o en rotación alrededor del eje longitudinal L. Por lo tanto, la traslación del endoscopio 20 en relación con el trócar 10 permite al profesional acercar la imagen (correspondiente a una ampliación), ya que acerca el extremo activo a la zona que se va a observar. La rotación alrededor del eje longitudinal L permite una rotación limpia del endoscopio 20 para cambiar la orientación de la imagen. Por último, el endoscopio 20 puede colocarse en cualquier ángulo de observación a través de la rótula formada en la incisión (punto de inserción del trócar 10).

El sistema de formación de imágenes propuesto tiene la particularidad de tener un segundo dispositivo de formación de imágenes 30 previsto para ofrecer al cirujano otra visión del campo quirúrgico que la ofrecida por el endoscopio 20. Más particularmente, el segundo dispositivo de formación de imágenes 30 está diseñado para proporcionar una visión global del campo quirúrgico, mientras que el primer dispositivo de formación de imágenes 20 ofrece una visión más localizada, en función de las necesidades del cirujano (el endoscopio está libre de movimientos a lo largo y alrededor de su eje óptico en relación con el segundo dispositivo de formación de imágenes), de una zona del campo quirúrgico. Con un dispositivo de visualización de imágenes adaptado, el profesional puede, por lo tanto, tener una panorámica del campo quirúrgico, mientras que el zoom permanece en el área de intervención, por ejemplo. Esto es muy útil, por ejemplo, cuando el cirujano tiene que introducir utensilios (1,2) en el campo quirúrgico 3 o retirarlos del campo quirúrgico 3, ya que no necesita mover el endoscopio para ver el desplazamiento de estos utensilios quirúrgicos en el campo quirúrgico (véase la figura 1). Además, los movimientos involuntarios del endoscopio pueden ensuciar la óptica, por ejemplo, lo que requeriría extraer regularmente el endoscopio de la cavidad abdominal 4, limpiarlo y luego volver a insertarlo en el paciente, resultando en un tiempo de operación adicional. Esto también permite que el cirujano pueda estimar con precisión la posición relativa de los utensilios quirúrgicos (1,2) utilizados, sin cambiar la posición u orientación del sistema de formación de imágenes.

El segundo dispositivo de formación de imágenes 30 comprende preferiblemente al menos dos cámaras (31; 32) que se pueden desplazar con relación al trócar 10 u otro elemento tubular, formando un adaptador, adaptado para acoplarse al trócar 10 al nivel de la porción tubular presente en el campo quirúrgico. Más específicamente, las cámaras (31; 32) se pueden mover entre una posición retraída destinada a la inserción y/o extracción del sistema de formación de imágenes en el campo quirúrgico, y una posición desplegada durante la intervención que permite obtener las diferentes visiones mencionadas anteriormente. Más preferiblemente, las dos cámaras (31; 32) están montadas de manera móvil sobre el trócar 10 o el elemento tubular, conectadas de manera rígida. Sin embargo, estas cámaras (31; 32) permanecen libres en relación con los movimientos del endoscopio a lo largo de su eje óptico (acercar y alejar el zoom). Más precisamente, las cámaras (31; 32) siguen los movimientos de rotación del endoscopio tradicional (rotación en relación con el punto de inserción) pero permanecen fijas cuando se trata de mover el endoscopio para acercar o alejar el zoom. Por lo tanto, la combinación de los dos dispositivos de formación de imágenes hace posible garantizar una visión localizada con el endoscopio cuando se inserta y una visión más generalizada (en todos los casos) gracias al segundo dispositivo de formación de imágenes 30. En la posición retraída, las cámaras están diseñadas para colocarse dentro de un elemento tubular 12, a saber, el trócar o el adaptador que forma el elemento tubular. Por lo tanto, cuando este elemento tubular 12 se inserta en el campo quirúrgico, hay poco o ningún riesgo de entrar en contacto no deseado con los órganos presentes en el campo quirúrgico. De la misma manera, en la posición retraída, las cámaras (31;32) no dificultan la extracción del elemento tubular 12 del campo quirúrgico.

En la posición desplegada, las cámaras (31; 32) están posicionadas en el exterior del elemento tubular 12 al nivel del extremo distal de este elemento tubular 12, es decir, el extremo más cercano al campo quirúrgico. Las cámaras (31; 32) están además dispuestas a ambos lados del eje longitudinal L del elemento tubular 12. Preferiblemente, la cámara 31 está posicionada simétricamente con la otra cámara 32 con respecto al eje longitudinal L.

Además, en la posición desplegada, las cámaras (31; 32) se mantienen fijas con relación al elemento tubular 12 para que queden integradas con el elemento tubular 12, en particular para tengan los mismos desplazamientos que los del elemento tubular 12. Los medios de sujeción adecuados hacen posible que las cámaras (31; 32) se integren con el elemento tubular 12 en la posición desplegada, mientras que permiten que las cámaras (31; 32) se muevan desde

o hacia la posición retraída. Como se verá más adelante, en particular, estos medios de sujeción pueden estar formados en parte por los elementos de soporte 33 sobre los cuales están montadas las cámaras (31; 32), en cooperación con el endoscopio 20, por ejemplo.

5 El acoplamiento de las cámaras (31; 32) al elemento tubular 12, que puede corresponder, por ejemplo, al trócar 10, permite tener un campo de visión global orientado según la orientación del trócar alrededor de la conexión de rótula, que también corresponde a la orientación del endoscopio 20 en traslación en el elemento tubular 12. Sin embargo, dado que las cámaras (31; 32) no están acopladas al endoscopio 20, esto permite realizar de manera independiente ciertos movimientos del endoscopio 20 en relación con el segundo dispositivo de formación de imágenes 30, a saber, la traslación a lo largo del eje longitudinal L del elemento tubular 12 y la rotación alrededor del mismo eje longitudinal L. De manera muy ventajosa, el endoscopio 20 por lo tanto, puede estar más cerca de la zona de intervención, para ampliar un órgano en particular, por ejemplo, mientras se mantiene una visión global del campo quirúrgico sin cambios.

10 Como se ilustra en la figura 2, las cámaras (31; 32) del segundo dispositivo de formación de imágenes se colocan preferiblemente, en la posición desplegada, a cada lado del elemento tubular 12, y por lo tanto del endoscopio 20. Las cámaras (31; 32) tienen en este caso una disposición de "gafas" alrededor del endoscopio 20. Esta disposición de "gafas" se ilustra en las figuras 3C y 4C.

15 El hecho de usar al menos dos cámaras (31; 32) a cada lado del elemento tubular 12 tiene muchas ventajas. Como se ilustra en la figura 1, esta disposición específica de las cámaras (31; 32) permite, por ejemplo, ver el final del endoscopio 20, los trócares laterales (trócares para los instrumentos) y los instrumentos tan pronto como se introducen en el abdomen del paciente. Esto permite evitar las sorpresas desagradables que a menudo se encuentra el profesional al introducir los diferentes utensilios necesarios para la cirugía laparoscópica y reducir considerablemente el riesgo de accidentes, por ejemplo, la perforación accidental de un órgano sano.

20 Además, el uso de cámaras dispuestas a modo de "gafas" resulta muy natural para el cirujano, ya que no es necesaria una reorientación entre las diferentes imágenes, lo que acelera el aprendizaje del uso de este sistema por parte del profesional. Se puede contemplar un dispositivo de exposición con una primera pantalla que muestre la imagen de una primera cámara 31, una segunda pantalla, al lado de la primera pantalla, que muestre la imagen del endoscopio 20 y una tercera pantalla, al lado de la segunda pantalla, que muestre la imagen de la segunda cámara 32. En otra realización, el sistema de exposición puede estar acoplado a una unidad de procesamiento de imágenes provista para restablecer y fusionar las imágenes de las cámaras (31; 32) (un procedimiento denominado mosaico en el campo de la visión por ordenador) para crear un campo de visión más amplio alrededor de la imagen del endoscopio 20.

25 En la posición desplegada, las cámaras (31; 32) están preferiblemente fijas con relación al elemento tubular 12, de modo que sus ejes ópticos son paralelos al eje longitudinal L del elemento tubular 12, que también corresponde al eje óptico del endoscopio 20. Además, los ejes ópticos de las cámaras (31; 32) y el eje longitudinal L del elemento tubular 12 están preferiblemente en el mismo plano.

30 También se puede contemplar el uso de las cámaras (31; 32) en visión estereoscópica, en cuyo caso las cámaras (31; 32) están dispuestas de manera que sus ejes ópticos formen, en la posición desplegada, un ángulo comprendido entre 6° y 15°. Además, o de manera alternativa, el ángulo formado por los ejes ópticos de las cámaras se puede recalcular después del despliegue y la fijación mediante métodos matemáticos de calibración (graduación), para permitir la visión estereoscópica deseada.

Una configuración especial de estas cámaras (31; 32), en estereovisión, también permitiría usar enfoques de reconstrucción en 3D para proporcionar al cirujano un entorno de navegación en 3D si así lo desea, al tiempo que mantiene una imagen endoscópica precisa. La referencia dada por el endoscopio 20 facilita aún más la reconstrucción de imágenes en 3D.

35 El segundo dispositivo de formación de imágenes 30 está acoplado al elemento tubular 12 con medios que permiten el despliegue, la fijación y la retracción para la retirada del sistema de formación de imágenes, tanto simples como rápidos.

40 De manera ventajosa, es la inserción del endoscopio 20 en el elemento tubular 12, y más particularmente el paso del extremo activo 22 del endoscopio por el extremo distal del elemento tubular 12, hacia el campo quirúrgico, lo que activa el despliegue de las cámaras (31; 32) hacia el exterior del elemento tubular 12.

Preferiblemente, los elementos de soporte 33 de las cámaras (31; 32) están montados en rotación con respecto al elemento tubular 12. Además, los elementos de soporte 33 comprenden en este caso un pasador de accionamiento 34 que permite que el cuerpo longitudinal 21 del endoscopio 20 desplace en rotación los elementos de soporte 33 para su despliegue durante la inserción del endoscopio 20 en el elemento tubular 12.

45 De acuerdo con una realización alternativa o complementaria, los elementos de soporte 33 se montan en traslación con respecto al elemento tubular 12. En este caso, los elementos de soporte 33 comprenden un pasador de accionamiento 34 que permite el cuerpo longitudinal 21 desplazar en traslación los elementos de soporte 33 para su

despliegue durante la inserción del endoscopio 20 en el elemento tubular 12.

Por lo tanto, para moverse de la posición retraída a la posición desplegada, los elementos de soporte 33 tienen un movimiento rotativo que permite el despliegue de las cámaras (31; 32) desde el interior del elemento tubular 12, hacia afuera. Este movimiento rotativo también puede acoplarse a un movimiento de traslación para desacoplar las cámaras (31; 32) del interior del elemento tubular 12 antes de que su rotación finalice su despliegue.

Como se indicó anteriormente, los medios de sujeción que permiten, en la posición desplegada, sostener las cámaras (31; 32) fijas con relación al elemento tubular 12, están formados, al menos parcialmente, por la pared de los elementos de soporte 33 destinada a soportar el cuerpo longitudinal 21 del endoscopio 20.

Esta cooperación entre el cuerpo longitudinal 21 del endoscopio 20 y la pared de soporte de los elementos de soporte 30 permite, además, mantener las cámaras (31; 32) cerca del eje longitudinal L del elemento tubular 12. Preferiblemente, en la posición desplegada, las cámaras (31; 32) están posicionadas de modo que sus ejes ópticos están separados por una distancia de entre 10 milímetros y 30 milímetros. Más preferiblemente, el eje óptico de cada cámara está a una distancia de la pared del endoscopio inferior a 10 milímetros, por ejemplo, comprendida entre 2 milímetros y 8 milímetros. En el caso de que los ejes ópticos de las cámaras formen un ángulo entre ellas (en particular en la configuración estereoscópica), las distancias especificadas anteriormente se miden en los centros ópticos de las cámaras, los cuales generalmente se ubican al mismo nivel que las propias cámaras con respecto al eje longitudinal L.

Además, los medios de sujeción comprenden preferiblemente elementos de retorno para sostener las cámaras contra el elemento tubular en la posición desplegada. Estos elementos de retorno pueden ser cables tensados por el cirujano una vez que las cámaras se colocan fuera del elemento tubular 12. Por ejemplo, estos elementos de retorno también pueden tener forma de resortes de retorno. Según una variante, los elementos de retorno están formados directamente por las mangueras de suministro de las cámaras (31; 32), lo que simplifica la disposición del sistema de formación de imágenes.

Las figuras 3A, 3B y 3C ilustran una primera realización del sistema de formación de imágenes propuesto. Según esta realización, en la posición retraída, las cámaras (31; 32) están enfrentadas entre sí a cada lado del eje longitudinal L. La figura 3A ilustra esta disposición de las cámaras (figura 32) cuando se acaban de liberar del elemento tubular 12 para su despliegue. La figura 3B ilustra la rotación de las cámaras (31; 32) a la posición desplegada que se ilustra en la figura 3C, en donde las cámaras (31; 32) tienen una disposición a modo de "gafas".

Como se ilustra claramente en las figuras, es la traslación del endoscopio 20 hacia el exterior del elemento tubular 12 lo que permite el despliegue de las cámaras (31; 32) accionando una porción 34 de los elementos de soporte 33 de las cámaras (31; 32).

Esta misma porción 34 también constituye la superficie de apoyo del elemento de soporte 33 en el endoscopio 20 que permite mantener las cámaras (31; 32) en una posición fija con respecto al elemento tubular 12 cuando el endoscopio 20, y por lo tanto las cámaras (31; 32), están desplegadas.

Preferiblemente, también se proporciona un circuito integrado 35 en cada elemento de soporte 33 para transmitir las imágenes adquiridas en los sensores de las cámaras (31; 32) a la unidad de procesamiento para su exposición.

Una configuración de este tipo en la que las cámaras (31; 32) están enfrentadas entre sí, preferiblemente dentro del elemento tubular 12, en la posición retraída, es posible si el elemento tubular 12 tiene un diámetro suficientemente grande, o si las cámaras (31; 32) son suficientemente pequeñas.

En el caso de que el espacio interno del elemento tubular 12 sea demasiado pequeño en relación con el tamaño de las cámaras, se puede proporcionar una disposición de acuerdo con una segunda realización en la que, en la posición retraída, las cámaras están alineadas en el elemento tubular 12 a lo largo del eje longitudinal L. Tal disposición se ilustra en las figuras 4A, 4B, 4C, que ilustran, respectivamente, la posición retraída, una posición intermedia entre la posición retraída y la posición desplegada, y la posición desplegada.

De acuerdo con otra realización ilustrada en las figuras 5 y 6, las cámaras (231; 232) están posicionadas sobre elementos de soporte 233 libres con respecto al elemento tubular 12. En este caso, los elementos de soporte 233 tienen una forma muy específica que permite presionarlos contra el endoscopio 20 y contra el extremo distal del elemento tubular 12, de modo que las cámaras (231; 232) mantengan una posición fija con respecto al elemento tubular 12 cuando se despliegan. A este respecto, también es posible proporcionar cables de retorno (no mostrados) que, cuando se tensan, permiten restringir las cámaras (231; 232) contra el elemento tubular 12.

Preferiblemente, también se proporciona un circuito integrado 235 en cada elemento de soporte 233 para transmitir las imágenes adquiridas en los sensores de las cámaras (231; 232) a la unidad de procesamiento para su visualización.

De acuerdo con esta realización, en la posición retraída, las cámaras (231; 232) y los elementos de soporte asociados 233 se colocan previamente dentro del trocar 10, en el extremo distal. También se coloca un elemento

- 5 tubular intermedio 13 dentro del trócar 10, y este elemento tubular 13 sirve para limitar la holgura y reforzar la estanqueidad entre el trócar 10 y el endoscopio 20. Los cables de tensión pasan por el elemento tubular intermedio 13 hasta el exterior del paciente, de modo que se pueden tensar desde el exterior, a nivel proximal. Más específicamente, estos cables se colocan entre el trócar 10 y la pared exterior del elemento tubular intermedio 13. También podría preverse que no tenga este elemento tubular intermedio 13.
- 10 Una vez que el elemento tubular 12 está en posición en el campo quirúrgico, los dispositivos de formación de imágenes pueden desplegarse. Para ello, el profesional empuja el endoscopio 20 hacia el campo quirúrgico, de forma que el extremo activo del endoscopio se encuentre efectivamente en el campo quirúrgico. Esta traslación hace que las cámaras (231; 232) salgan del trócar 10. Para colocarlas en la posición desplegada, es necesario tirar de los cables de tensión, lo que hace que las cámaras (231; 232) se acerquen más al trócar 10. La forma los elementos de soporte 233 combinada con la tensión de los cables coloca naturalmente las cámaras (231; 232) que soportan tanto el extremo distal del trócar 12 como el cuerpo longitudinal del endoscopio 20.
- 15 De acuerdo con otra realización de la invención, las cámaras se colocan previamente en el elemento tubular, y se montan en traslación sobre tal elemento tubular, por medio de guías. A tal fin, el elemento tubular puede comprender rieles, en forma de ranuras, por ejemplo, y los elementos de soporte de la cámara comprenden un pasador de guía deslizante dentro del riel.
- 20 La realización mostrada en las figuras 4A, 4B y 4C incorpora tal disposición con un sistema de guías. Los pasadores de guía 136 cooperan con las ranuras en el elemento tubular 12, que puede ser el trócar o un tubo intermedio colocado en el trócar.
- 25 Este sistema de guías tiene la ventaja de facilitar el despliegue y posicionamiento de las cámaras. De hecho, los rieles cooperan con la forma del soporte 133 de las cámaras (131; 132) asegurando que el despliegue de estas cámaras (131; 132) se guía a su posición desplegada, preferiblemente en una posición simétrica con respecto al eje longitudinal L del endoscopio 20.
- 30 Preferiblemente, también se proporciona un circuito integrado 135 en cada elemento de soporte 133 para transmitir las imágenes adquiridas en los sensores de la cámara (131; 132) a la unidad de procesamiento para su exposición.
- 35 Según otra realización más como se ilustra en las figuras 7 y 8, se proporciona un elemento tubular 13 en el que la porción tubular del trócar 10 está destinada a insertarse. Esta realización tiene la ventaja de garantizar una estanqueidad total del sistema global una vez que se coloca en el paciente.
- 40 Un trócar generalmente está compuesto por una porción tubular 12 destinada a ser insertada en el cuerpo del paciente, hacia el campo quirúrgico, y un elemento de sellado 11 colocado en la incisión hecha en el paciente. Este elemento de sellado 11 comprende en particular los pasos para inyectar CO₂ en el campo quirúrgico o, más generalmente, para garantizar la estanqueidad del sistema.
- 45 De acuerdo con la realización mostrada en las figuras 8 y 9, el elemento tubular 13 también comprende una porción tubular 113 de un diámetro ligeramente mayor que el diámetro de la porción tubular 10 del trócar, y un anillo de fijación 114 que tiene una forma provista para recibir el elemento de sellado 11 del trócar. Preferiblemente, el anillo de fijación 114 comprende aberturas 115 provistas para recibir las fuentes de alimentación del trócar y/o los cables de sujeción de las cámaras en posición, tales como los tubos de la fuente de alimentación de las cámaras.
- 50 Más preferiblemente, según esta realización, la porción tubular 113 del elemento tubular 13 comprende una disposición con guías, tal como se describe anteriormente, para facilitar el despliegue de cámaras en cualquier lado del endoscopio. El funcionamiento es idéntico al funcionamiento de las realizaciones anteriores. De hecho, es la inserción del endoscopio 20 en la porción tubular 10 del trócar lo que empujará las cámaras (331; 332) fuera del elemento tubular 113. Las cámaras (331; 332) siguen una traslación a lo largo de las ranuras 116 formadas en el elemento tubular 113 y que sirve de guía para el despliegue.
- 55 Para retirar el sistema de formación de imágenes del campo quirúrgico sin entrar accidentalmente en contacto con un órgano, es suficiente con retirar el endoscopio 20, luego tirar de los cables para llevar sucesivamente la primera cámara 231 y la segunda cámara 232 al interior del elemento tubular 12, que se retira de la incisión.
- Las cámaras utilizadas para el segundo dispositivo de formación de imágenes 30 pueden cambiarse siempre que cumplan con las cuestiones de dimensiones y resolución requeridas. Por ejemplo, se pueden usar cámaras CMOS en miniatura (5 mm x 5 mm x 3,8 mm) según las que propone la sociedad ST Microelectronics, que tienen la ventaja de tener una alta resolución (1600 x 1200 píxeles), una alta frecuencia de fotograma (alrededor de 30 fotogramas por segundo), un bajo nivel de ruido/señal, un buen control de la exposición (+ 81 dB), un amplio campo de visión (51°) y una gran profundidad de campo.
- Se realizaron una serie de pruebas para comprobar la eficacia del sistema de formación de imágenes de visión múltiple propuesto en comparación con el uso de endoscopios tradicionales. Para ello, se construyó un banco de pruebas muy cerca de una mesa de operaciones utilizando órganos de carnicería porcina. El escenario estudiado consistió en realizar una sucesión de tareas a menudo encontradas en el caso de la cirugía laparoscópica, en

5 particular la cirugía de la próstata. En el primer caso, el cirujano tenía la tarea de realizar el escenario con el endoscopio tradicional (véase la figura 9) y luego reproducir las mismas tareas con el sistema de formación de imágenes que integra la visión global (véase la figura 10). Se repitieron una docena de ciclos para evaluar cualitativamente (calidad de la sutura, comodidad para el cirujano/paciente, etc.) y cuantitativamente (tiempo necesario, número de órdenes dadas al asistente) las contribuciones del sistema de visión global en comparación con el uso de un endoscopio tradicional.

10 Después de un primer análisis de los resultados obtenidos en los dos casos, es decir, realizar lo puntos de sutura utilizando el endoscopio tradicional o utilizando el sistema de visión global desarrollado, se descubrió que se requería un promedio de 3,8 minutos para completar la tarea en visión endoscópica y solo 29 segundos en el caso de usar la visión global. Esto representa un ahorro de tiempo del orden de 10 minutos. Para una serie de pruebas (5 tareas), el profesional necesita 19 minutos con el endoscopio, mientras que 2,45 minutos son suficientes con el sistema de visión global. Parece que, para el procedimiento estudiado, se observó una ganancia de más de 16 minutos con el sistema que integra la visión global en comparación con el endoscopio tradicional, lo que resulta muy ventajoso para las intervenciones quirúrgicas.

15 Además del hecho de que el sistema de formación de imágenes propuesto es muy simple y facilita enormemente el trabajo del cirujano, lo que lo hace más eficaz, también tiene la ventaja de ser utilizado con cualquier tipo de endoscopio. De hecho, la configuración del segundo dispositivo de formación de imágenes es independiente del endoscopio, ya que está muy vinculada al trócar.

20 Además, si el segundo dispositivo de formación de imágenes puede diseñarse en una sola pieza con el trócar, también es posible utilizar una configuración que pueda adaptarse directamente a los trócares existentes, o conectarse a través de un adaptador.

25 El lector habrá comprendido que se pueden hacer muchas modificaciones sin apartarse físicamente de las nuevas enseñanzas y ventajas descritas en el presente documento. Por lo tanto, todas las modificaciones de este tipo están destinadas a quedar incorporadas dentro del alcance del sistema de formación de imágenes de visión múltiple presentado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- US 5.305.121
- US 6.614.595
- US 2012/0065468
- 30 - US 2011/0306832

REIVINDICACIONES

1. Sistema de formación de imágenes de visión múltiple para cirugía laparoscópica, que comprende:

- Un elemento tubular (12), teniendo dicho elemento tubular (12) un eje longitudinal, un extremo distal y un extremo proximal;
- Un primer dispositivo de formación de imágenes (20) que tiene un cuerpo longitudinal (21) y un extremo activo (22) para la adquisición de imágenes, estando adaptado el primer dispositivo de formación de imágenes (20) para insertarse a través del elemento tubular (12), con el extremo activo (22) proyectado del extremo distal y pudiendo el primer dispositivo de formación de imágenes (20) moverse en el elemento tubular (12) en traslación a lo largo del eje longitudinal y/o en rotación alrededor del eje longitudinal;

caracterizado porque comprende, además:

- Un segundo dispositivo de formación de imágenes (30) que comprende al menos dos cámaras (31, 131, 231, 331; 32, 132, 232, 332), cada una de las cuales está montada sobre un elemento de soporte (33, 133, 233, 333), sin acoplar con el primer dispositivo de formación de imágenes (20) y pudiendo desplazarse con relación al elemento tubular (12) entre:
 - o Una posición retraída en la que las cámaras están posicionadas dentro del elemento tubular, y
 - o Una posición desplegada en la que las cámaras (31, 131, 231, 331; 32, 132, 232, 332) están posicionadas fuera del elemento tubular (12), en el extremo distal, estando las cámaras (31, 131, 231, 331; 32, 132, 232, 332) dispuestas a ambos lados del eje longitudinal del elemento tubular (12) y manteniéndose fijas en relación con el elemento tubular (12) por medios de sujeción, para seguir cualquier movimiento del elemento tubular (12).

2. Sistema según la reivindicación 1, en el que los medios de sujeción están formados al menos parcialmente por la pared de los elementos de soporte (33, 133, 233, 333) adaptada para soportar el cuerpo longitudinal (21) del primer dispositivo de formación de imágenes (20), en una posición desplegada.

3. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que los medios de sujeción comprenden elementos de retorno para sostener las cámaras contra el elemento tubular, en una posición desplegada.

4. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que, en una posición retraída, las cámaras (131, 231, 331; 132, 232, 332) están alineadas dentro del elemento tubular (12) a lo largo del eje longitudinal, o posicionadas dentro del elemento tubular (12), enfrentadas una a la otra, a ambos lados del eje longitudinal.

5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que, en una posición desplegada, las cámaras (31, 131, 231, 331; 32, 132, 232, 332) están colocadas de manera que tengan un eje óptico paralelo al eje longitudinal.

6. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, en una posición desplegada, las cámaras (31, 131, 231, 331; 32, 132, 232, 332) están colocadas de manera que los ejes ópticos de las cámaras forman un ángulo de entre 6° y 15°.

7. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que, en una posición desplegada, las cámaras (31, 131, 231, 331; 32, 132, 232, 332) están colocadas de manera que los ejes ópticos de las cámaras están separados por una distancia comprendida entre 10 milímetros y 30 milímetros.

8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que, en una posición desplegada, las cámaras (31, 131, 231, 331; 32, 132, 232, 332) están colocadas de manera que los ejes ópticos de las cámaras y los ejes longitudinales están en un mismo plano.

9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que los elementos de soporte (33, 133, 233, 333) están montados en rotación con respecto al elemento tubular (12), comprendiendo los elementos de soporte (33, 133, 233, 333) un pasador de accionamiento que permite que el cuerpo longitudinal (21) desplace en rotación los elementos de soporte con vistas a desplegarlos durante la inserción del primer dispositivo de formación de imágenes (20) en el elemento tubular (12).

10. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los elementos de soporte (33, 133, 233, 333) están montados en traslación con respecto al elemento tubular (12), comprendiendo los elementos de soporte (33, 133, 233, 333) un perno de accionamiento que permite que el cuerpo longitudinal (21) desplace en traslación los elementos de soporte (33, 133, 233, 333) con vistas a desplegarlos durante la inserción del primer dispositivo de formación de imágenes (20) en el elemento tubular (12).

11. Sistema según la reivindicación 10, en el que el elemento tubular comprende dos raíles (116) y los elementos de soporte (133, 333) de las cámaras comprenden un pasador de guía adaptado para cooperar con los raíles para la traslación guiada de los elementos de soporte de las cámaras con respecto al elemento tubular.

12. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el elemento tubular (12) es un trócar (10, 11) destinado para posicionarse a través de una incisión realizada en el cuerpo de un paciente.
- 5 13. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el elemento tubular (12) es un adaptador interno (13) destinado para insertarse dentro de una porción tubular (10) de un trócar, siendo el diámetro interior del elemento tubular sustancialmente igual al diámetro exterior de la porción tubular del trócar.
14. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el elemento tubular (12) es un adaptador externo (13) en cuyo interior está destinada a insertarse una porción tubular (10) de un trócar, siendo el diámetro exterior del elemento tubular sustancialmente igual al diámetro interior de la porción tubular del trócar.
- 10 15. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el primer dispositivo de formación de imágenes (20) es un endoscopio.

Fig. 1

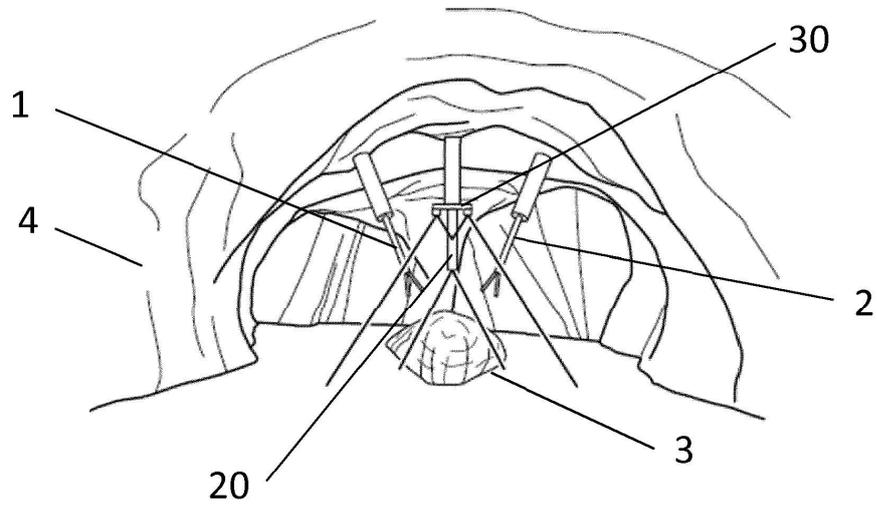


Fig. 2

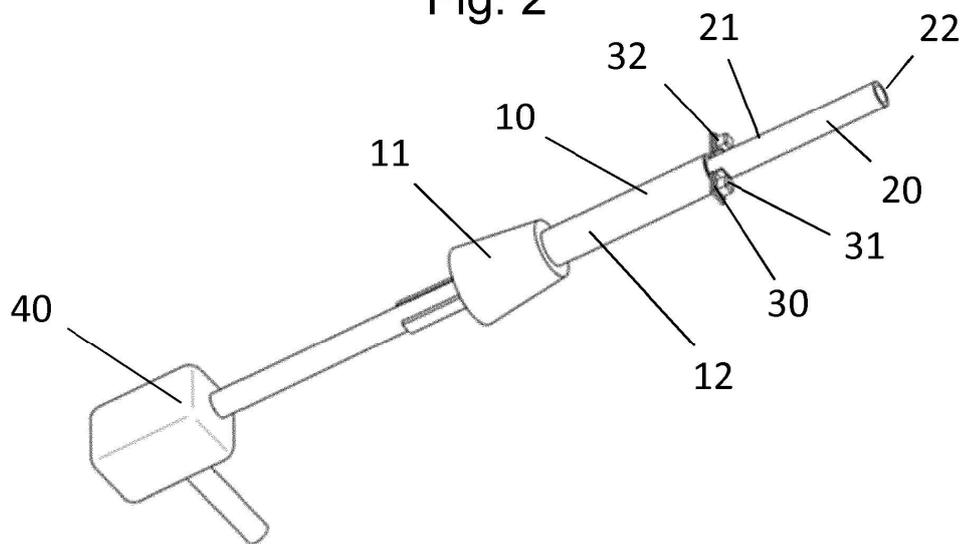


Fig. 3A

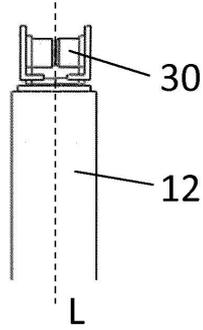


Fig. 4A

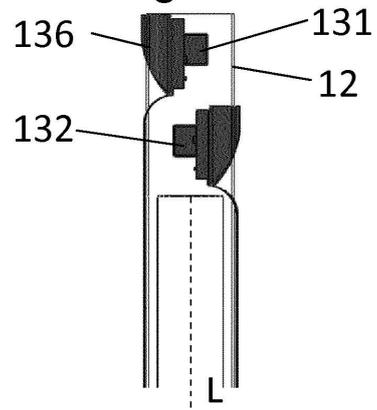


Fig. 3b

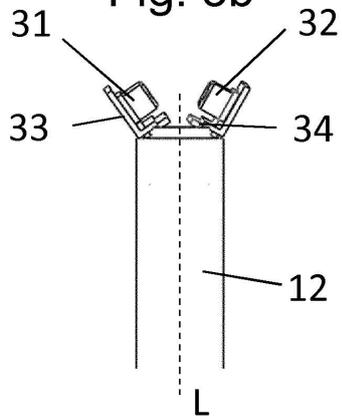


Fig. 4B

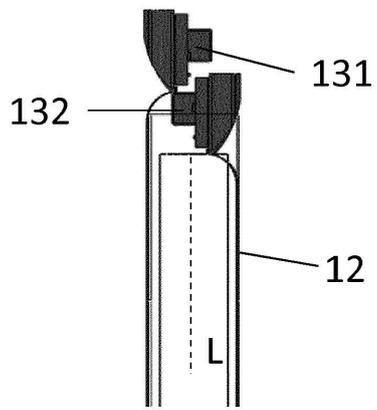


Fig. 3c

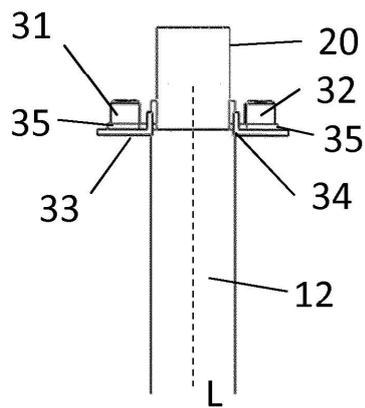


Fig. 4C

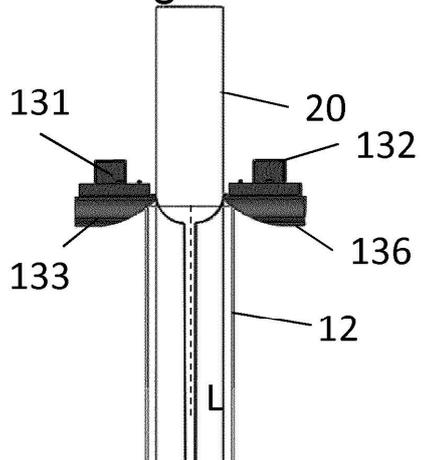


Fig. 5

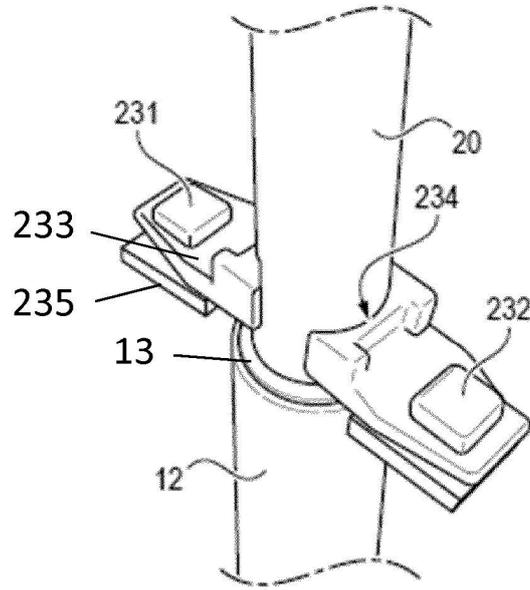


Fig. 6

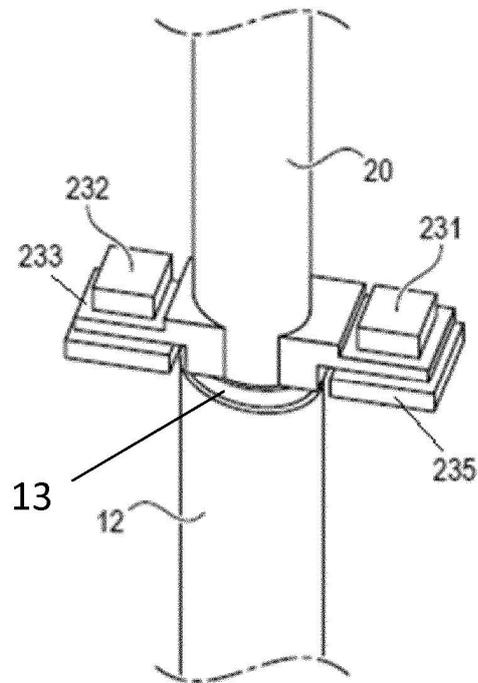


Fig. 7

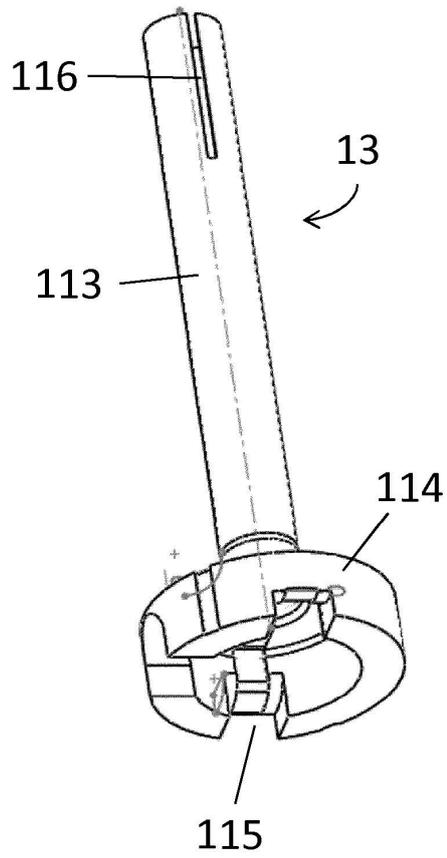


Fig. 8

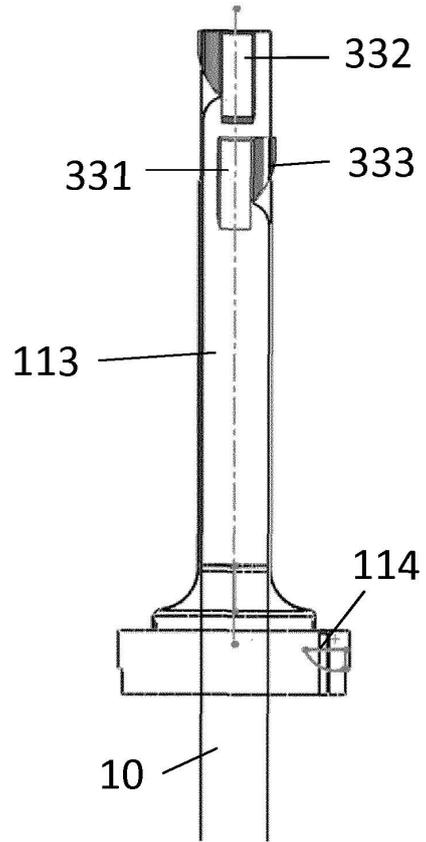


Fig. 9

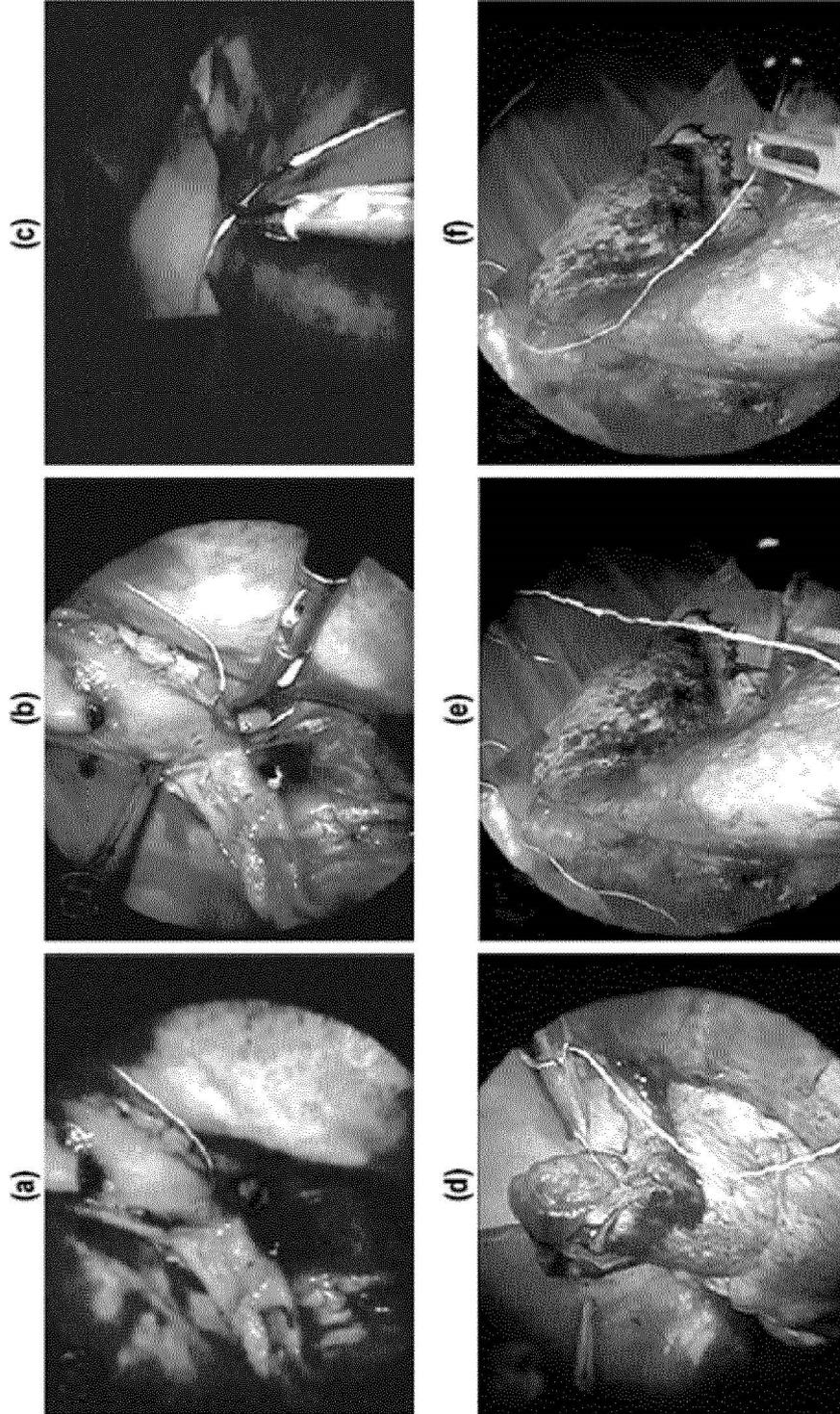


Fig. 10

