

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 820 591**

51 Int. Cl.:

**A61B 6/00** (2006.01)

**A61B 34/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2016 E 16203554 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020 EP 3254621**

54 Título: **Calibrador especial de imagen 3D, sistema y método de localización quirúrgica**

30 Prioridad:

**08.06.2016 CN 201610403984**

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

**21.04.2021**

73 Titular/es:

**TINAVI MEDICAL TECHNOLOGIES CO., LTD.**  
**(100.0%)**

**2nd Floor, C-1, Dongsheng Kejiyuan, 66**  
**Xixiaokou Road, Haidian District**  
**Beijing 100192, CN**

72 Inventor/es:

**ZHANG, SONGGEN;**  
**TIAN, WEI;**  
**LIU, YAJUN;**  
**XU, JIN;**  
**ZHANG, WEIJUN y**  
**WANG, BINBIN**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

**ES 2 820 591 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

Calibrador especial de imagen 3D, sistema y método de localización quirúrgica

5 **Campo técnico**

**[0001]** La presente invención se refiere a un calibrador para la imagen 3D, un sistema de posicionamiento quirúrgico, y un método, que pertenecen al campo técnico de la navegación quirúrgica.

10 **TÉCNICA RELACIONADA**

**[0002]** Con la aplicación generalizada de la cirugía mínimamente invasiva y los requisitos crecientes de forma continua para la precisión de posicionamiento de los instrumentos o implantes en cirugía en los últimos años, el posicionamiento auxiliar basado en la imagen de orientación médica o productos de navegación quirúrgica han realizados grandes progresos. La implementación de tales productos generalmente incluye varios pasos: primero, la calibración del espacio y el registro de la imagen, es decir, un espacio La relación de transformación entre los sistemas de coordenadas de un objetivo quirúrgico (paciente), las imágenes del objetivo y un dispositivo de posicionamiento auxiliar se calcula utilizando un método de calibración del dispositivo de medición espacial. El paso generalmente se conoce como calibración de sistema de coordenadas múltiples o registro de imagen. El siguiente paso es la planificación y orientación quirúrgica, es decir, se muestra una imagen preoperatoria o intraoperatoria que tiene una calibración precisa, y un médico planifica una ruta de cirugía en la imagen o en un modelo 3D reconstruido. Posteriormente, el siguiente paso es la implementación quirúrgica, que involucra principalmente el posicionamiento de la trayectoria quirúrgica, es decir, guiar al médico a colocar un dispositivo de guía de herramientas quirúrgicas en la ruta de la cirugía con las manos o para controlar directamente un mecanismo de ejecución, como un brazo robótico, para colocar con precisión un dispositivo de guía en la ruta de la cirugía, a fin de garantizar la precisión de la guía de la ruta de la cirugía, y el médico implementa operaciones, tales como implantación de instrumentos quirúrgicos, por medio del dispositivo de guía.

**[0003]** Por ejemplo, US 2005/281385 A1 da a conocer un método y un sistema para mejorar la corrección de error de registro en una imagen fluoroscópica. Entre los pasos anteriores, el paso de calibración espacial y registro de imágenes es un paso extremadamente significativo. El paso generalmente significa unificar una pluralidad de sistemas de coordenadas (que generalmente incluyen un sistema de coordenadas de imagen, un sistema de coordenadas de herramienta (aparato de posicionamiento auxiliar) y un sistema de coordenadas de paciente) en un mismo sistema de coordenadas en un sistema de posicionamiento quirúrgico basado en guía de imágenes. El proceso también se conoce como registro o calibración. La precisión del registro determina la precisión del posicionamiento auxiliar o navegación quirúrgica.

**[0004]** De acuerdo con los tipos de imágenes médicas utilizados (imágenes de fluoroscopia, o imágenes CT) y las fuentes de las imágenes médicas (imágenes preoperatorias, o intraoperatorias imágenes obtenidas en el sitio), los métodos de registro de imagen utilizadas habitualmente en la actualidad son los siguientes:

Escenario 1: el requisito para el registro de imágenes es "obtener imágenes en 3D antes de una cirugía y realizar el registro de imágenes durante la cirugía".

Un método para el registro de imágenes que cumple con el requisito de la cirugía guiada por imágenes incluye: ① Durante una cirugía, las posiciones de algunos puntos característicos anatómicos fácilmente identificables de un cuerpo humano se recopilan mediante un dispositivo de medición espacial. Las posiciones se emparejan con los puntos característicos correspondientes en una imagen, para implementar el registro de la imagen. ② Durante una cirugía, la nube de puntos de una parte del contorno de características en el cuerpo humano se obtiene continuamente mediante el uso de un dispositivo de seguimiento y medición espacial, y la nube de puntos se empareja con las formas de posición correspondientes en las imágenes preoperatorias para implementar el registro de imágenes. ③ Se obtienen imágenes preoperatorias en 3D del paciente con varios marcadores adheridos al paciente. Durante la cirugía, las posiciones de esos marcadores se obtienen utilizando el dispositivo de medición espacial, mientras tanto, el marcador correspondiente en la imagen se empareja y marca para implementar el registro de la imagen.

Escenario 2: el requisito para el registro de imágenes es "obtener imágenes en 3D antes de una cirugía y calibrarlas espacialmente con imágenes de fluoroscopia obtenidas durante la cirugía".

Un método para cumplir con el requisito de registro de imágenes incluye: hacer coincidir un contorno o una forma de borde de una estructura anatómica identificada en las imágenes de fluoroscopia intraoperatoria obtenidas desde diferentes ángulos con la imagen 3D preoperatoria mediante el uso de un algoritmo especial, para implementar el registro.

Escenario 3: el requisito para el registro de imágenes es "obtener una imagen de fluoroscopia 2D durante una cirugía y registrar en el sitio". Un método para el registro de imágenes que cumple el requisito incluye: un rastreador de pacientes y un rastreador de robot que son rastreados por un dispositivo de medición espacial; el rastreador de pacientes está montado de forma fija en el cuerpo de un paciente; un calibrador especial de estructura plana y doble paralelo está montado en el extremo terminal de un brazo robótico; el rastreador de robot está montado en el brazo robótico; y durante una cirugía, las imágenes de fluoroscopia

se obtienen desde al menos dos ángulos diferentes, y el registro de imágenes de fluoroscopia intraoperatoria se implementa identificando los puntos marcados por el calibrador en la imagen.

Escenario 4: el requisito para el registro de imágenes es "obtener un conjunto de imágenes en 3D durante la cirugía y realizar el registro de imágenes en el sitio".

5  
[0005] Un método que cumple con el requisito incluye: la posición de un dispositivo de formación de imágenes 3D intraoperatoria (CT o MRI o brazo C con la opción 3D) y la posición del paciente se obtienen por los rastreadores instalados en el dispositivo de formación de imágenes y en el cuerpo del paciente (o lugar fijo en relación con el cuerpo del paciente). Se calcula una relación de transformación espacial (una matriz de rotación y traslación) entre el sistema de coordenadas de la imagen 3D intraoperatoria y el sistema de coordenadas del paciente se calcula mediante la calibración o mediante parámetros en un dispositivo de formación de imágenes proporcionado por el fabricante del dispositivo de formación de imágenes, para implementar el registro de imágenes en 3D intraoperatorio.

15  
[0006] El método en el escenario 4 depende de un rastreador montado en un dispositivo de imagen intraoperatoria, y mientras tanto una serie de parámetros de imagen de la necesidad de dispositivo de imágenes para ser calibrado de antemano; y por tanto, el método no es fácil de implementar.

## RESUMEN

20  
[0007] Con respecto al problema anterior, un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de posicionamiento quirúrgico y un método de posicionamiento. El método de posicionamiento es capaz de implementar automáticamente el registro de imágenes en 3D intraoperatorio sin depender de los parámetros de un dispositivo de imágenes en 3D, y es fácil de implementar.

25  
[0008] Para lograr el objetivo, la presente invención adopta la siguiente solución técnica: un calibrador para la imagen 3D, caracterizado porque: el calibrador de imagen 3D incluye un plano de calibrador y un mango de calibrador, en el que el plano de calibrador es plano o de arco en forma, y al menos cuatro puntos marcados para ser identificados por un dispositivo de formación de imágenes en 3D están dispuestos en el plano del calibrador; y un extremo del mango del calibrador está conectado de forma fija al plano del calibrador, y el otro extremo del mango del calibrador está provisto de un conector para conectar un brazo robótico quirúrgico.

30  
[0009] Una disposición de forma de todos los puntos marcados situados en el plano calibrador tiene una anisotropía.

35  
[0010] El plano calibrador está hecho de un material transparente de rayos X; y los puntos marcados están hechos de un material opaco a los rayos X.

40  
[0011] Un sistema de posicionamiento quirúrgico, caracterizado porque: comprende un robot quirúrgico, un ordenador central, un dispositivo de medición espacial, un rastreador de robot, un rastreador de paciente, un dispositivo de imagen 3D, y cualquiera de los calibradores anteriores de imagen en 3D; el robot quirúrgico es un brazo robótico que tiene al menos tres grados de libertad de traslación y tres grados de libertad de rotación; el ordenador central está conectado eléctricamente al robot quirúrgico para controlar un movimiento del robot quirúrgico; el calibrador para imagen 3D y el rastreador de robot están conectados de forma desmontable al extremo terminal del robot quirúrgico; el rastreador de pacientes se fija en el cuerpo de un paciente; el dispositivo de medición espacial se utiliza para medir la posición y la orientación del rastreador de robot y el rastreador de pacientes y transmitir datos de posición al ordenador central; el dispositivo de imágenes en 3D está configurado para escanear el calibrador en busca de imágenes en 3D y el paciente al mismo tiempo y transmitir imágenes a la computadora principal; y el ordenador principal realiza la identificación correspondiente de los puntos marcados en la imagen y los puntos marcados en el calibrador para la imagen 3D.

50  
[0012] El sistema de posicionamiento quirúrgico comprende además un dispositivo de guiado, en el que el dispositivo de guía está conectado de forma desmontable al extremo terminal del robot quirúrgico.

55  
[0013] Un método de posicionamiento incluye los siguientes pasos: 1) la colocación de un calibrador de imágenes en 3D, instalado en el robot quirúrgico, el cierre a la superficie del cuerpo del paciente; escanear tanto el calibrador como el paciente utilizando un dispositivo de imágenes 3D; transmitir imágenes en 3D con puntos marcados en el calibrador y el paciente a la computadora principal; mientras tanto, el dispositivo de medición espacial rastrea las coordenadas del rastreador de robot y el rastreador de pacientes, y transmite las coordenadas a la computadora principal; 2) comparar cíclicamente, mediante la computadora host, las características geométricas entre los puntos marcados en la imagen y el patrón preestablecido de estos puntos marcados, para implementar la identificación correspondiente de los puntos marcados en el calibrador para la imagen 3D y los de la imagen; 3) calcular, mediante la computadora host, una relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el rastreador de robot por medio de una relación de coordenadas dada entre los puntos marcados en el calibrador para la imagen 3D y el rastreador de robot, y luego calcular una relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el robot quirúrgico; y 4) calcular, de acuerdo con la relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el robot quirúrgico, las coordenadas de un punto espacial que corresponde a cualquier punto de la imagen del paciente, en un sistema de coordenadas de robot, y calcular además las coordenadas de una trayectoria quirúrgica que se

determina en la imagen del paciente, en el sistema de coordenadas del robot.

[0014] En el paso 2), el proceso específico de identificación entre los puntos marcados en el calibrador de imágenes en 3D y los puntos marcados en la imagen es el siguiente: ① agrupar los puntos marcados en el calibrador en un grupo A y un grupo B, donde cada grupo incluye tres o más puntos marcados; ② leer información sobre los puntos marcados incluidos en el grupo A y el grupo B en el paso 1 e información sobre el calibrador para la imagen 3D 1, y leer las imágenes obtenidas mediante el escaneo en el paso 1); ③ realizar una segmentación de umbral sobre las imágenes obtenidas en el paso 2 y extraer y generar un polígono válido; ④ ajuste y determinación, de acuerdo con la información sobre el calibrador para imagen 3D obtenida en el paso 2, el polígono obtenido en el paso 3, de manera que se trama para obtener puntos marcados en la imagen; ⑤ calcular una distancia entre cada dos puntos marcados entre los puntos marcados en la imagen obtenida en el paso 4; ⑥ seleccionar tres puntos marcados de los puntos marcados por el calibrador en el grupo A para construir un triángulo como una plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular de la imagen; si no se encuentra tal triángulo, seleccionar tres puntos marcados de los puntos marcados por el calibrador en el grupo B para construir un triángulo como una plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular en la imagen; si todavía no se encuentra tal triángulo, seleccionar puntos marcados por el calibrador del grupo A y del grupo B para construir un triángulo como plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular de la imagen; y ⑦ retener números de vértice del par de triángulos congruentes de acuerdo con una correspondencia uno a uno, para formar un par de puntos de coincidencia, y buscar un punto marcado en la imagen correspondiente de un punto marcado con un calibrador aparte de la plantilla triangular, en la imagen utilizando la plantilla triangular congruente como referencia, hasta que todos los puntos marcados en la imagen coincidan con los puntos marcados por el calibrador.

[0015] La presente invención adopta las anteriores soluciones técnicas, y por lo tanto tiene las siguientes ventajas: la presente invención implementa fusión de alta precisión o el registro de un sistema de coordenadas de paciente, una imagen del sistema de coordenadas, y un sistema de coordenadas del robot, mediante el uso de un calibrador para imagen 3D y por medio de un dispositivo de medición espacial, un rastreador de pacientes y un rastreador de robot, y realiza la identificación y marcado de pares de puntos sin participación manual, por lo que tiene un alto grado de automatización, no dependiendo de un soporte especial de un dispositivo de imagen 3D y con una amplia aplicabilidad.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

### [0016]

Fig. 1 es un diagrama estructural esquemático de un calibrador para imagen 3D;  
 Fig. 2 es un diagrama estructural esquemático de un sistema de posicionamiento quirúrgico de la presente invención; y  
 Fig. 3 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de guía de la presente invención.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0017] La presente invención se describe en detalle a continuación en las formas de realización en combinación con los dibujos adjuntos.

[0018] Como se muestra en la Fig. 1, se proporciona un calibrador para la imagen 3D 1. El calibrador para la imagen 3D 1 incluye un plano calibrador 11 y un mango de calibrador 12. El plano calibrador 11 es plano o en forma de arco. Al menos cuatro puntos 111 marcados están dispuestos en el plano del calibrador 1. Los puntos 111 marcados están configurados para ser identificados y escaneados por un dispositivo de formación de imágenes 3D para formar una imagen. Un extremo del mango del calibrador 12 está conectado fijamente al plano del calibrador 11, y el otro extremo del mango del calibrador 12 está provisto de un conector 13 para conectarse al brazo robótico quirúrgico.

[0019] Además, una forma de disposición de todos los puntos marcados 111 situados en el plano calibrador 1 tiene una anisotropía (por ejemplo, las distancias entre cualesquiera dos puntos marcados 111 no son iguales).

[0020] Además, el plano calibrador 1 está hecho de un material transparente a los rayos X; y los puntos 111 marcados están hechos de un material opaco a los rayos X.

[0021] Como se muestra en la Fig. 2, sobre la base del calibrador de la imagen 3D 1, la presente invención proporciona además un sistema de posicionamiento quirúrgico. El sistema de posicionamiento quirúrgico incluye un calibrador para la imagen 3D 1, un robot quirúrgico 2, una computadora host (no mostrada), un dispositivo de medición espacial observador 3, un rastreador de robot 4, un rastreador de pacientes 5, un dispositivo de imagen 3D 6 y un dispositivo de guía 7. El robot quirúrgico 2 es un brazo robótico que tiene al menos tres grados de libertad de traslación y tres grados de libertad de rotación. El ordenador principal está conectado eléctricamente al robot quirúrgico 2 para controlar un movimiento del robot quirúrgico 2. El calibrador para la imagen 3D 1 y el rastreador de robot 4 están conectados a un extremo terminal del robot quirúrgico por medio de un montaje y mecanismo de liberación rápida. El rastreador de pacientes 5 está fijado al cuerpo de un paciente. El observador de dispositivos de medición espacial 3 puede medir

los dispositivos de medición espacial del rastreador de robot 4 y el rastreador de pacientes 5, y actualiza las coordenadas a una cierta frecuencia para implementar el rastreo en tiempo real. El observador 3 de dispositivos de medición espacial puede adoptar una cámara de seguimiento óptico de alta precisión basada en principios de visión estéreo o puede basarse en otros principios y transmitir datos de posición al ordenador principal. El dispositivo de imágenes 3D 6 está configurado para escanear el calibrador para la imagen 3D 1 a fin de obtener la imagen de los puntos marcados 111, y la computadora host realiza la identificación correspondiente en los puntos marcados en la imagen y los puntos marcados 111 en el calibrador para la imagen 3D 1. El dispositivo de guiado 7 es un aparato para fijar un recorrido de inserción de una aguja. El dispositivo de guía 7 está conectado al robot quirúrgico 2 por medio de una estructura de montaje rápido y liberación rápida igual que el calibrador 1, y está montado para su uso alternativo con el calibrador para la imagen 3D 1 según las necesidades de una cirugía.

**[0022]** La presente invención adopta preferentemente una máquina de haz cónico CT (máquina CBCT) como un dispositivo de imagen en 3D.

**[0023]** Sobre la base del sistema de posicionamiento anterior, la presente invención proporciona un método de posicionamiento, que es aplicable a la colocación espacial de un camino de cirugía. El método incluye los siguientes pasos:

1) colocar un calibrador para la imagen 3D 1, instalado en el robot quirúrgico 2, cerrándose a la superficie del cuerpo del paciente (cerca pero no en contacto); escanear tanto el calibrador para la imagen 3D 1 como el paciente utilizando un dispositivo de imágenes 3D 6 (solo se necesita un escaneo de imagen 3D sin fluoroscopia desde una pluralidad de ángulos diferentes varias veces); transmitir imágenes 3D con puntos 111 marcados en el calibrador 1 y el paciente al ordenador principal; mientras tanto, los dispositivos de medición espacial detectan las coordenadas 3 del rastreador del robot y el rastreador de pacientes 5, y transmiten las coordenadas al ordenador central.

2) comparar cíclicamente, mediante la computadora host, las características geométricas entre los puntos marcados en la imagen y el patrón preestablecido de estos puntos marcados, para implementar la identificación correspondiente de los puntos marcados 111 en el calibrador para la imagen 3D 1 y los de la imagen.

3) calcular, mediante la computadora host, una relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el rastreador de robot 4 por medio de una relación de coordenadas dada entre los puntos marcados 111 en el calibrador para la imagen 3D 1 y el rastreador de robot 4 (cabe señalar que la computadora host puede calcular además la relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el rastreador de paciente 5 de acuerdo con las coordenadas del rastreador de robot 4 y el rastreador de paciente 5 obtenidas por el observador de dispositivo de medición espacial 3), y además calcular una relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el robot quirúrgico 2. El paso también puede calcular directamente, por el ordenador central, una relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el robot quirúrgico 2 de acuerdo con una relación de coordenadas dada entre los marcados puntos 111 en el calibrador para la imagen 3D 1 y el robot quirúrgico 2.

4) calcular, según la relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el robot quirúrgico 2 obtenidas en el paso 3), coordenadas de un punto espacial que corresponde a cualquier punto de la imagen del paciente, en un sistema de coordenadas de robot. Si la ruta de la cirugía está representada por una línea recta en la imagen del paciente, se pueden calcular las coordenadas de la ruta de la cirugía en el sistema de coordenadas del robot.

**[0024]** Por medio de un software especial, un médico puede extraer, según las necesidades de tratamiento, una ruta de la cirugía en una imagen después de registro, y puede controlar el robot quirúrgico 2 para mover con precisión después de calcular los dispositivos de medición espaciales de la ruta de la cirugía por medio del método de posicionamiento espacial para la trayectoria quirúrgica, para permitir que se oriente una estructura de guía del dispositivo de guía 7 que está conectado al extremo terminal del robot quirúrgico 2 en la trayectoria quirúrgica. En el proceso anterior, el observador 3 de dispositivos de medición espacial que tiene una función de rastreo en tiempo real monitorea el rastreador de paciente 5 (es decir, un movimiento del paciente) en tiempo real y calcula la orientación y la magnitud del movimiento. El robot quirúrgico 2 puede modificar su propio movimiento de acuerdo con datos tales como la orientación y la magnitud del movimiento, para garantizar que el dispositivo de guía se adapte con precisión a la trayectoria quirúrgica planificada.

**[0025]** En la etapa 2), el proceso específico de identificación entre los puntos marcados 111 en el calibrador de la imagen 3D 1 y los puntos marcados en la imagen es como sigue:

- ① agrupar los puntos marcados 111 en el calibrador de la imagen 3D 1 en un grupo A y grupo B, en el que cada grupo incluye tres o más puntos 111 marcados;
- ② leer información sobre los puntos marcados incluidos en el grupo A y el grupo B en el paso ① e información sobre el calibrador para la imagen 3D 1, y leer las imágenes obtenidas mediante el escaneo en el paso 1);
- ③ realizar una segmentación de umbral sobre las imágenes obtenidas en el paso ② y extraer y generar un polígono válido;
- ④ ajustar y determinar, de acuerdo con la información sobre el calibrador para la imagen 3D 1 obtenida en el

paso ②, el polígono obtenido en el paso ③, a fin de trazar para obtener puntos marcados en la imagen;  
⑤ calcular una distancia entre cada dos puntos marcados entre los puntos marcados en la imagen obtenida en el paso ④;

5      ⑥ seleccionar tres puntos marcados de los puntos marcados por el calibrador en el grupo A para construir un triángulo como una plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular de la imagen; si no se encuentra tal triángulo, seleccionar tres puntos marcados de los puntos marcados por el calibrador en el grupo B para construir un triángulo como una plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular en la imagen; y si todavía no se encuentra tal triángulo, seleccionar puntos marcados por calibrador del grupo A y el grupo B

10     para construir un triángulo como plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular en la imagen; y

15     ⑦ retener los números de vértice del par de triángulos congruentes de acuerdo con una correspondencia uno a uno, para formar un par de puntos de coincidencia, y buscar un punto marcado de imagen correspondiente de un punto marcado de calibrador aparte de la plantilla triangular, en la imagen utilizando la plantilla triangular congruente como referencia, hasta que todos los puntos marcados en la imagen coincidan con los puntos marcados por el calibrador.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de posicionamiento quirúrgico, en el que el sistema de posicionamiento quirúrgico comprende un robot quirúrgico (2), una computadora host, un observador de dispositivos de medición espacial (3), un rastreador de robots (4), un rastreador de pacientes (5), un dispositivo de formación de imágenes 3D (6), y un calibrador para imagen 3D (1) que comprende un plano calibrador (11) y un mango de calibrador (12), en el que el plano calibrador (11) es plano o en forma de arco, y al menos cuatro puntos marcados (111) para ser identificados por el dispositivo de formación de imágenes 3D (6) están dispuestos en el plano calibrador (11); y un extremo del mango del calibrador (12) está conectado fijamente al plano del calibrador (11), y el otro extremo del mango del calibrador (12) está provisto de un conector (13) para conectarse a un brazo robótico quirúrgico; el robot quirúrgico (2) es un brazo robótico que tiene al menos tres grados de libertad de traslación y tres grados de libertad de rotación; el ordenador central está conectado eléctricamente al robot quirúrgico (2) para controlar un movimiento del robot quirúrgico (2); el calibrador para imagen 3D (1) y el rastreador de robot (4) se pueden conectar de forma desmontable al extremo terminal del robot quirúrgico (2); el rastreador de pacientes (5) está adaptado para ser fijado al cuerpo de un paciente; el dispositivo de medición espacial (3) está adaptado para medir la posición y orientación del rastreador de robot (4) y el rastreador de paciente (5) y datos de posición de transmisión al ordenador central; el dispositivo de imágenes en 3D (6) está configurado para escanear el calibrador en busca de imágenes en 3D y el paciente al mismo tiempo y transmitir imágenes a la computadora principal; y el ordenador central está adaptado para realizar la identificación correspondiente de los puntos marcados en la imagen y los puntos marcados en el calibrador para la imagen 3D (1).
2. El sistema de posicionamiento quirúrgico según la reivindicación 1, caracterizado porque el calibrador para imagen 3D (1) se caracteriza porque una forma de disposición de todos los puntos marcados situados en el plano del calibrador tiene una anisotropía.
3. El sistema de posicionamiento quirúrgico según la reivindicación 1 o 2, en el que el calibrador para imagen 3D (1) se caracteriza porque el plano del calibrador está hecho de un material transparente a los rayos X; y los puntos marcados están hechos de un material opaco a los rayos X.
4. El sistema de posicionamiento quirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende además un dispositivo de guía (7), en el que el dispositivo de guía (7) está conectado de manera desmontable al extremo terminal del robot quirúrgico (2).
5. Un método de posicionamiento implementado utilizando el sistema de posicionamiento quirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende los siguientes pasos:
- 1) colocar un calibrador para imagen 3D (1), instalado en el robot quirúrgico (2), cerca de la superficie del cuerpo del paciente; escanear tanto el calibrador (1) como el paciente usando un dispositivo de imágenes 3D (6); transmitir imágenes en 3D con puntos marcados en el calibrador (1) y el paciente a la computadora principal; mientras tanto, el dispositivo de medición espacial (3) rastrea las coordenadas del rastreador de robot (4) y el rastreador de pacientes (5), y transmite las coordenadas al ordenador central;
  - 2) comparar cíclicamente, mediante la computadora host, las características geométricas entre los puntos marcados en la imagen y el patrón preestablecido de estos puntos marcados, para implementar la identificación correspondiente de los puntos marcados en el calibrador para la imagen 3D (1) y los de la imagen;
  - 3) calcular, por la computadora host, una relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el rastreador del robot (4) por medio de una relación de coordenadas dada entre los puntos marcados en el calibrador para la imagen 3D (1) y el rastreador del robot (4)), y calcular además una relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el robot quirúrgico (2); y
  - 4) calcular, de acuerdo con la relación de transformación de coordenadas entre la imagen del paciente y el robot quirúrgico (2), las coordenadas de un punto espacial que corresponde a cualquier punto en la imagen del paciente, en un sistema de coordenadas del robot, y calcular además las coordenadas de una trayectoria quirúrgica que se determina en la imagen del paciente, en el sistema de coordenadas del robot.
6. El método de posicionamiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque:** en el paso 2), el proceso específico de identificación entre puntos marcados en el calibrador de la imagen 3D (1) y los puntos marcados en la imagen es el siguiente:
- ① agrupar los puntos marcados en el calibrador para imagen 3D (1) en un grupo A y un grupo B, donde cada grupo comprende tres o más puntos marcados;
  - ② leer información sobre los puntos marcados comprendidos en el grupo A y el grupo B en el paso ① e información sobre el calibrador para imagen 3D (1), y leer las imágenes obtenidas mediante el escaneo en el paso 1);
  - ③ realizar una segmentación de umbral sobre las imágenes obtenidas en el paso ② y extraer y generar un polígono válido;
  - ④ ajustar y determinar, de acuerdo con la información sobre el calibrador para imagen 3D (1) obtenida en el paso ②, el polígono obtenido en el paso ③, de manera que se trama para obtener puntos marcados en la

imagen;

⑤ calcular una distancia entre cada dos puntos marcados entre los puntos marcados en la imagen obtenida en el paso ④;

5           ⑥ seleccionar tres puntos marcados de los puntos marcados por el calibrador en el grupo A para construir un triángulo como una plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular de la imagen; si no se encuentra tal triángulo, seleccionar tres puntos marcados de los puntos marcados por el calibrador en el grupo B para construir un triángulo como una plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular en la imagen; y si aún no se encuentra tal triángulo, seleccionar puntos marcados por calibrador del grupo A y del grupo B para  
10           construir un triángulo como una plantilla triangular, y buscar un triángulo que sea aproximadamente idénticamente igual a la plantilla triangular en la imagen; y

15           ⑦ retener los números de vértice del par de triángulos congruentes de acuerdo con una correspondencia uno a uno, para formar un par de puntos de coincidencia, y buscar un punto marcado de imagen correspondiente de un punto marcado de calibrador aparte de la plantilla triangular, en la imagen utilizando la plantilla triangular congruente como referencia, hasta que todos los puntos marcados en la imagen coincidan con el calibrador para los puntos marcados.

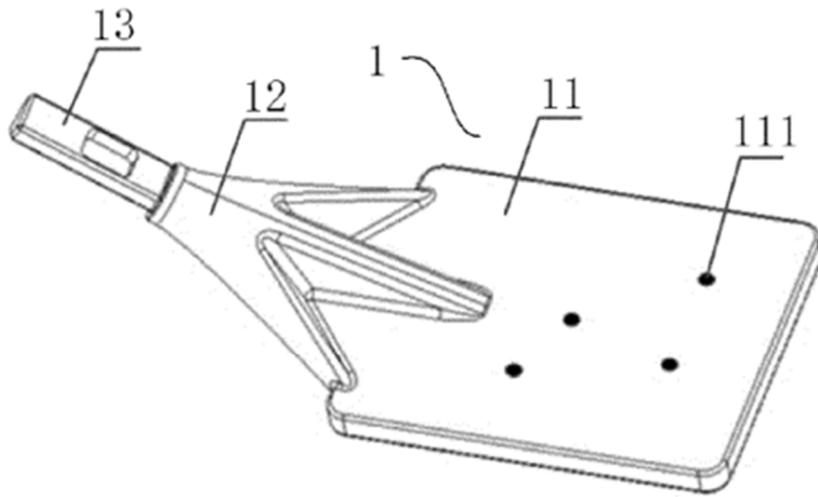


FIG. 1

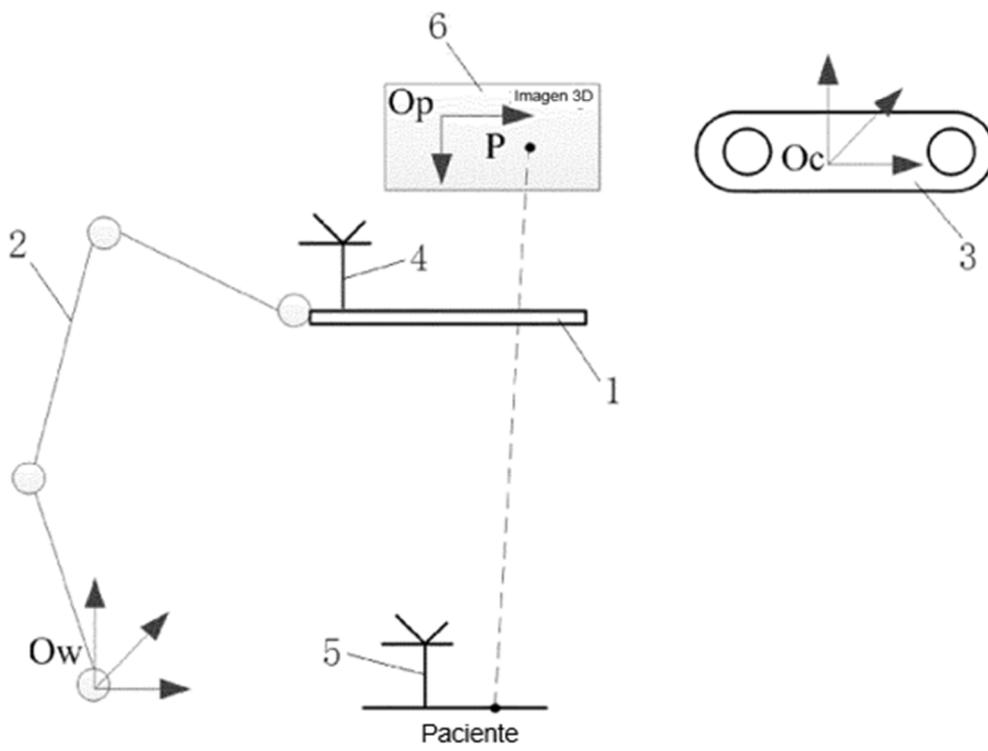


FIG. 2

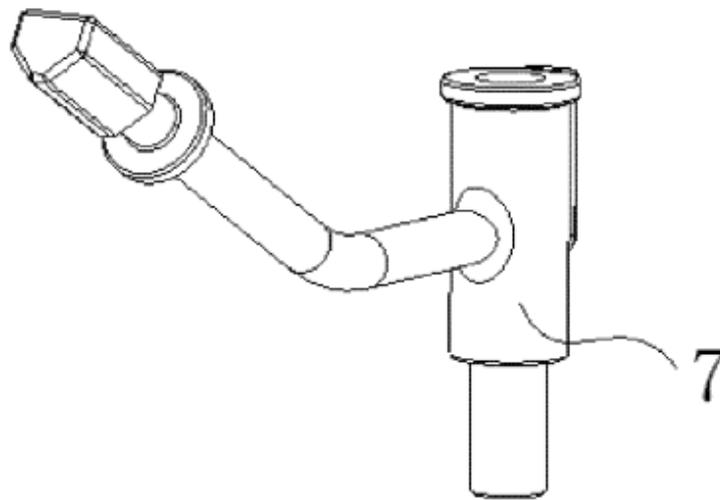


FIG. 3