



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 319 572**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16 (2006.01)

A61B 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06755719 .9**

96 Fecha de presentación : **06.07.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1910040**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2008**

54 Título: **Robot y procedimiento de registro de un robot.**

30 Prioridad: **06.07.2005 GB 0513876**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.05.2009

73 Titular/es: **Prosurgics Limited**
Knaves Beech Business Centre, Loudwater
High Wycombe, Buckinghamshire HP10 9QR, GB

72 Inventor/es: **Finlay, Patrick Armstrong**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

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

Robot y procedimiento de registro de un robot.

5 Descripción de la invención

La Presente Invención se refiere a un robot y de esta forma mismo a un procedimiento de registro de un robot.

10 Cuando un robot debe actuar sobre una pieza de trabajo es necesario que se determine la orientación y posición precisas de la pieza de trabajo dentro del sistema especial de referencia del robot, para que el robot pueda operar de forma precisa sobre la pieza de trabajo, llevando a cabo las operaciones deseadas en los puntos predeterminados con exactitud sobre la pieza de trabajo.

15 En muchas situaciones en las que se utilizan robots, el robot está programado para operar sobre una pieza de trabajo de un tamaño y una forma conocidas con precisión, la cual es presentada al robot en una posición predeterminada con respecto al robot. Un ejemplo de una situación de este tipo se produce cuando un robot opera en una línea de montaje de vehículos a motor, donde cada pieza de trabajo tiene un tamaño y una forma conocidas con precisión, y está situada en una estación de trabajo exactamente definida. En dicha situación el robot puede ser programado de antemano para llevar a cabo una secuencia de movimientos apropiados para la tarea que el robot tiene que llevar a cabo.

20 Sin embargo, si la pieza de trabajo no está en una posición predeterminada antes de que el robot lleve a cabo las operaciones, es necesario que se determine la posición y orientación precisas de la pieza de trabajo dentro del sistema de referencia del robot antes de que el robot pueda llevar a cabo cualquier movimiento con respecto a la pieza de trabajo. Hay así mismo situaciones en las que un robot tiene que llevar a cabo determinadas tareas en una pieza de trabajo en las que el tamaño y la forma y otras características de la pieza de trabajo son aproximadamente conocidas, pero los detalles precisos difieren de pieza a pieza. Como ejemplo pueden citarse artículos hechos a mano, y artículos hechos con un material semirrígido o deformable, pero un ejemplo concreto es el del tejido vivo, por ejemplo, cuando el tejido vivo forma parte de un paciente, y cuando el robot se utiliza en un quirófano para sujetar o guiar instrumentos específicos u otras herramientas utilizadas por un cirujano.

30 Cuando se utiliza un robot en un quirófano no es insólito en relación con la labor del robot que implique las etapas de penetración de la "pieza de trabajo" o de un paciente con el fin de acceder a un punto de intervención o vía de acceso interno concreto. En muchos casos el punto de intervención o vía de paso interno es totalmente invisible desde la superficie de la pieza de trabajo o del paciente, especialmente en la situación de un robot que actúa sobre la persona de un paciente en un quirófano. Es, sin embargo, esencial que el robot tenga acceso al punto de intervención o a la vía de paso de forma precisa.

40 Un procedimiento práctico que se ha utilizado para especificar al robot las coordenadas de instrucciones apropiadas para estos tipos de tareas consiste en el uso de una técnica guiada por la imagen. En la utilización de esta técnica, se obtiene una imagen de la "pieza de trabajo" (que debe ser precisamente una parte de un paciente, por ejemplo la cabeza de un paciente) mediante la utilización de rayos X, de resonancia magnética nuclear, imágenes por ultrasonido o alguna otra técnica correspondiente. La técnica de producción de imágenes que se utiliza se elige de tal forma que se ponga de manifiesto o pueda determinarse el punto de intervención o vía de paso interna.

45 Dicho procedimiento de registro de un paciente con respecto a un robot quirúrgico y al correspondiente robot se conocen a partir del documento US-A-6167292.

50 Para que haya un sistema de referencia específico que pueda utilizarse para determinar la posición absoluta del punto de intervención o vía de paso interna, se monta una serie de "marcadores" que serán visibles dentro de la imagen generada sobre la parte relevante del cuerpo. Los marcadores pueden ser unos marcadores metálicos pequeños montados sobre la cabeza del paciente, por ejemplo.

55 De esta forma se genera una imagen de la parte relevante del paciente, y la imagen puede ser procesada por computadora y representada de una forma que sea conveniente para el operador humano. Dependiendo de la preferencia del operador humano y de la naturaleza del punto de intervención o de la vía de paso, la imagen puede ser presentada como una serie de "secciones" a través de la pieza de trabajo, o como tres vistas ortogonales a través de un punto designado, o, como una alternativa, como una reconstrucción en tres dimensiones. Hay muchos tipos de algoritmos de procesamiento de producción de imágenes de los que puede disponerse para la finalidad expresada.

60 Utilizando un dispositivo señalador apropiado, como por ejemplo un ratón, un operador humano puede hoy día especificar en la imagen procesada por computadora la parte relevante del paciente donde está situado un punto de intervención. El punto de intervención puede ser, por ejemplo, un tumor. El operador humano puede de esta forma mismo indicar una vía de aproximación apropiada para que el robot llegue al punto de intervención. El punto de intervención o la trayectoria de aproximación requerida están definidas de manera efectiva con respecto a un sistema de referencia, el cual constituye un conjunto de coordenadas espaciales de tres dimensiones, pero las posiciones de los marcadores de esta forma mismo son definidas con referencia al mismo sistema de referencia o a las mismas coordenadas espaciales.

Las coordenadas de los puntos clave de la trayectoria de aproximación deseada, y de esta forma mismo el punto de intervención propiamente dicho pueden determinarse fácilmente a partir del píxel o voxel que el operador ha especificado con el dispositivo de señalización.

5 Una vez que el punto de intervención y la vía de paso han sido definidos, puede generarse una serie de instrucciones que pueden ser utilizadas por la disposición de control de un robot para que el robot lleve a cabo los movimientos pertinentes para determinar que un instrumento o un efector terminal incorporado por el robot sigue la trayectoria deseada hacia el punto de intervención.

10 Sin embargo, las instrucciones se refieren al sistema de referencia de las imágenes de la parte relevante del paciente, y un robot tendrá su propio sistema de referencia "interno".

Por tanto, antes de que el robot pueda ser utilizado para llevar a cabo las instrucciones suministradas por el control del robot, debe llevarse a cabo un proceso de "registro" para "registrar" o correlacionar el sistema de referencia interno
15 del robot con el sistema de referencia de las imágenes de la parte relevante del paciente. De esta forma puede asegurarse que, cuando el robot lleve a cabo las instrucciones, el instrumento o el efector terminal incorporado por el robot va a seguir de hecho la trayectoria correcta y lleve a cabo los movimientos apropiados.

Se ha propuesto desarrollar un robot y registrar la posición del robot con respecto a un objeto como parte del pa-
20 ciente (véase el documento WO 99/42257), mediante la utilización de una cámara montada sobre una parte del robot que puede obtener imágenes de los marcadores utilizadas al preparar inicialmente la imagen procesada por computa-
dora de la imagen relevante del paciente. En consecuencia, la cámara situada sobre el robot puede obtener imágenes de los marcadores, y puede determinar la posición precisa de esos marcadores dentro del sistema de referencia interno o de las coordenadas espaciales internas del robot. Sin embargo, debido a que son conocidas la posición de los marca-
25 dores con respecto al sistema de referencia o las coordenadas espaciales utilizadas cuando se obtuvo la imagen inicial, el sistema de referencia del paciente puede ser correlacionado con el sistema de referencia del robot, y de esta forma las coordenadas precisas del punto de intervención o de la vía, tal como se define en el sistema de referencia de las imágenes del paciente, pueden fácilmente ser "trasladadas" a las correspondientes coordenadas dentro del sistema de referencia del robot, haciendo posible de esta forma que el robot siga la serie de instrucciones apropiada.

30 Cuando se utiliza una disposición de este tipo, es habitual que la parte del paciente sobre la que se va a actuar esté firmemente sujeta en posición, y que a continuación el robot sea calibrado, mediante una correlación efectiva del sistema interno de referencia del robot con el sistema de referencia de las imágenes de la parte relevante del paciente. Debido a que la parte principal del robot y la parte relevante del paciente están ambas firmemente sujetas
35 en posición, el robot puede entonces seguir el conjunto de instrucciones preparadas, desplazando el instrumento o el efector terminal con precisión de la manera establecida de antemano.

Sin embargo, en el caso de que la parte relevante del paciente se moviera, entonces el robot ya no podría ser utilizado, porque no habría una correlación entre el sistema de referencia de la parte relevante del paciente y el sistema
40 de referencia del robot. La correlación no puede llevarse a cabo de nuevo en esta etapa porque, generalmente, la parte relevante del paciente habrá sido cubierta con paños estériles, impidiendo la visibilidad de los marcadores por la cámara portada por el robot.

La presente invención pretende proporcionar un robot mejorado y un procedimiento mejorado.

45 De acuerdo con un aspecto de la presente invención se proporciona un robot, estando el robot provisto de un brazo controlable para portar un instrumento o herramienta, estando el robot provisto de un dispositivo de obtención de imágenes visuales para obtener imágenes visuales de una pieza de trabajo, incluyendo imágenes de unos marcadores y un indicador existente en la pieza de trabajo, incorporando el robot un procesador para procesar las imágenes, estando
50 el procesador configurado para determinar la posición de los marcadores dentro de un sistema de referencia espacial del robot para determinar la posición de la pieza de trabajo dentro del sistema de referencia espacial del robot y para controlar que el robot lleve a cabo los movimientos predeterminados de un instrumento o herramienta portado por el brazo con respecto a la pieza de trabajo, estando el procesador configurado de esta forma mismo para determinar la posición del indicador y para responder al movimiento de dicho indicador dentro del sistema de referencia espacial del
55 robot cuando los marcadores estén ocultos para determinar la nueva posición del indicador y de esta forma la nueva posición de la pieza de trabajo y en consecuencia para controlar que el robot continúe llevando a cabo los movimientos predeterminados con respecto a la pieza de trabajo.

De modo preferente, el robot está configurado para recibir los datos en forma de o derivados de una o más imágenes
60 de la pieza de trabajo y de los marcadores y la información concerniente a los movimientos predeterminados, estando los movimientos predeterminados definidos dentro de un sistema de referencia con respecto a los marcadores.

El robot puede utilizarse con gran provecho por un cirujano, estando el brazo controlable adaptado para portar un instrumento o herramienta del cirujano.

65 De modo ventajoso, el robot está en combinación con una disposición provista de unos elementos para trabar la pieza de trabajo para conectar la disposición a la pieza de trabajo, incorporando la disposición dicho indicador.

El indicador presenta la característica práctica de que está conectado de manera amovible a dicha disposición.

De modo preferente, el indicador tiene un cabezal que define una cara planar, estando la cara marcada para indicar un eje que pasa a través de la cara, siendo soportado el cabezal por un vástago, alojándose el vástago en un receptáculo situado sobre la disposición.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se proporciona un procedimiento de registro de una pieza de trabajo con respecto a un robot, comprendiendo el procedimiento las etapas de obtener una o más imágenes de una pieza de trabajo, la cual incorpora unos marcadores visuales, el procesamiento de las imágenes para identificar al menos un punto sobre la pieza de trabajo, la generación de señales de control para que un robot defina una trayectoria que debe seguirse por una herramienta o instrumento incorporado por el robot para situar la herramienta o el instrumento sobre dicho punto, el suministro al robot de un dispositivo de adquisición de imágenes, la utilización del dispositivo de obtención de imágenes para obtener imágenes de los marcadores, la utilización de un procesador para procesar las imágenes obtenidas con dicho dispositivo de obtención de imágenes y para controlar que el robot desplace la herramienta o instrumento a lo largo de dicha trayectoria, el suministro de un indicador que tenga una posición espacial predeterminada con respecto a los marcadores, el procesamiento dentro del procesador de las imágenes procedentes de dicho dispositivo de obtención de imágenes para determinar la posición del indicador, la ocultación de los marcadores, el control de la posición del indicador, y la respuesta a un movimiento del indicador con respecto al sistema de referencia del robot mediante el control del robot, para que la herramienta o el instrumento continúe desplazándose a lo largo de dicha trayectoria.

El indicador presenta la característica práctica de que está montado de manera amovible sobre una disposición que está sujeta a la pieza de trabajo, comprendiendo el procedimiento las etapas de la retirada del indicador de dicha disposición antes de la ocultación de los marcadores, y la sustitución del indicador por un indicador idéntico, pero estéril, después de la ocultación de los marcadores.

De modo ventajoso, la ocultación de los marcadores se lleva a cabo mediante la aplicación de paños estériles a la pieza de trabajo.

De modo preferente, la etapa de obtención de una o más imágenes se lleva a cabo mediante la utilización de un aparato de rayos X o un aparato de tomografía o de ultrasonidos.

Como característica práctica, la etapa de procesamiento de las imágenes se lleva a cabo por parte de un operador humano que analiza las imágenes y que utiliza un puntero para identificar dicho al menos un punto sobre la pieza de trabajo.

Con el fin de que la invención pueda ser más fácilmente comprendida, y para que puedan ser apreciadas sus características adicionales, a continuación se describirá la invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es una vista esquemática de un aparato para captar una imagen de una "pieza de trabajo" que consiste en la cabeza de un paciente,

la Figura 2 es un diagrama de bloques,

la Figura 3 es una vista de un marco estereotáctico provisto de un indicador,

la Figura 4 es una vista de un marco estereotáctico aplicado a la cabeza del paciente,

la Figura 5 es una vista del paciente, con el marco estereotáctico fijado a una mesa de operaciones, ilustrando de esta forma mismo la figura un robot,

la Figura 6 es una vista similar a la de la Figura 5 que muestra un indicador montado sobre el marco estereotáctico,

la Figura 7 es una vista correspondiente a la Figura 6 que muestra el paciente cuando está cubierta, con el indicador proyectándose,

la Figura 8 es un diagrama de bloques, y

la Figura 9 es otro diagrama de bloques.

Con referencia inicial a la Figura 1 de los dibujos que se acompañan, se ilustra una "pieza de trabajo" que va a ser operada con la ayuda de un robot controlado por computadora, consistente en una cabeza humana 1. Montada sobre la cabeza hay una pluralidad de marcadores 2. Los marcadores son marcadores visibles y están montados sobre el exterior de la cabeza para poder verlos fácilmente. Los marcadores, en esta forma de realización, son radioopacos.

La cabeza o pieza de trabajo 1 se ilustra en posición en un aparato de obtención de imágenes entre una fuente de rayos X 3 y una pantalla 4 sensible a los rayos X. Puede obtenerse de esta forma una imagen de la cabeza incluyendo, por supuesto, los marcadores radioopacos 2.

Se contempla la toma de una pluralidad de imágenes, con la pieza de trabajo o la cabeza en diferentes posiciones con respecto a la fuente de rayos X y a la pantalla. Y ello permitirá que el conjunto de imágenes resultante sea procesado para la obtención una recreación en tres dimensiones de la pieza de trabajo junto con los marcadores, o tres imágenes ortogonales. Por supuesto, el aparato de toma de imágenes puede ser un aparato TAC (Tomografía Axial Computerizada), produciendo una serie de imágenes equivalentes a vistas o “porciones” en sección transversal sucesivas, y aunque la invención ha sido descrita hasta ahora con referencia a la toma de una imagen por rayos X, debe apreciarse que pueden ser utilizadas otras muchas técnicas de producción de imágenes, entre las que se incluyen la RMN y las técnicas por ultrasonido.

Con referencia ahora a la Figura 2, después de que se ha tomado, 5, una pluralidad de imágenes, las imágenes son procesadas para identificar un punto de intervención dentro de la cabeza 1. El punto de intervención puede, por ejemplo, ser un tumor. La identificación del punto de intervención, etapa 6 tal y como se muestra en la Figura 2, puede llevarse a cabo mediante la consideración de la pluralidad de imágenes, y, de modo opcional mediante el procesamiento de las imágenes de la computadora. El punto de intervención puede ser específicamente identificado, según lo anteriormente descrito, por un operador humano utilizando un puntero.

Después de la identificación del punto de intervención, se produce una generación de instrucciones 7 destinadas a un robot, indicando las instrucciones la trayectoria de desplazamiento deseada de una herramienta o instrumento portada por el robot. Las instrucciones se generan para definir movimientos predeterminados de la herramienta o del instrumento portado por el robot en un espacio de tres dimensiones, definiéndose el paciente en tres dimensiones por un sistema de referencia o conjunto de coordenadas espaciales, y por el mismo sistema de referencia y el conjunto de coordenadas espaciales es utilizado para determinar la posición precisa de cada uno de los marcadores 2. Las instrucciones de esta forma, de manera efectiva, determinan un movimiento predeterminado concreto de una herramienta o instrumento con respecto a los marcadores 2.

A continuación la cabeza del paciente resulta enmarcada un marco estereotático. La Figura 3 ilustra un típico marco estereotático aunque debe entenderse que pueden existir muchos modelos de marco estereotático.

Con referencia a la Figura 3, el marco estereotático ilustrado 8 está provisto de un anillo de base 9 y está configurado para quedar montado sobre la cabeza del paciente. El anillo de base 9 comprende dos brazos laterales 10, 11 sustancialmente horizontales que están conectados por una barra trasera 12. La barra trasera 12 incorpora un anillo de montaje 13. Los extremos delanteros de los brazos laterales 10 y 11 están interconectados por un yugo 14, teniendo el yugo 14 una sección 15 con forma de U que sobresale hacia delante para quedar situada enfrente de la mandíbula del paciente. El yugo está dispuesto, a ambos lados de la sección 15 en forma de U, con un brazo vertical 16, 17 que porta en cada brazo vertical, en su extremo superior, un tornillo de montaje 18, 19.

El yugo en forma de U está provisto de un receptáculo 20 para recibir el vástago 21 de un indicador 22. El indicador 22 comprende un vástago 21 y un cabezal 23, estando provisto el cabezal 23 de una marca 24, sobre la cara planar del cabezal para indicar un eje geométrico que pasa a través de la cara planar para mostrar la posición precisa de la cabeza. Como se comprenderá, el diseño preciso del indicador no es crítico para la invención, pero el indicador necesita ser diseñado de tal forma que mediante el análisis de las imágenes visuales del indicador sea posible determinar la posición y orientación precisas del indicador en el espacio en tres dimensiones. En la forma de realización descrita el indicador está conectado de manera amovible al marco estereotático.

El marco estereotático ilustrado está provisto de un medio bucle arqueado 25 que se extiende hacia arriba por encima de los dos brazos laterales 10 y 11, sosteniendo el medio bucle 25 de manera que pueda deslizarse un portador de herramienta 26.

Debe entenderse que, cuando el indicador 22 está montado en posición sobre el marco estereotático, el cabezal 23 del indicador tiene una posición exactamente predeterminada, en un espacio en tres dimensiones, con respecto al resto del marco estereotático. Debido a que el marco estereotático está acoplado con respecto a la cabeza 1, y que por tanto está fijo con respecto a los marcadores 2, el cabezal 23 del indicador 22 tiene una relación espacial exactamente determinada con los marcadores 2. De esta forma es posible, si la posición y orientación precisas del cabezal 23 del indicador es conocida en un sistema de referencia específico, que, la posición de los marcadores dentro del sistema de referencia pueda ser fácilmente determinada incluso si los marcadores 2 están ocultos.

Debe apreciarse que el marco estereotático, de acuerdo con lo anteriormente descrito deben ser montados sobre la cabeza 1 del paciente, mediante la colocación del anillo de base sobre la cabeza del paciente y a continuación apretando los tornillos de montaje 13, 18 y 19 hasta que encajen con las partes óseas del cráneo del paciente. El marco estereotático queda de esta forma firmemente montado en posición con respecto a la cabeza del paciente. El paciente puede a continuación ser situado sobre una mesa de operaciones 30 y el marco estereotático quedar sujeto a la mesa de operaciones mediante una abrazadera apropiada 31.

En esta etapa los marcadores 2 son visibles.

Se proporciona un robot 40. El robot 40 comprende una carcasa 41 que está fija en posición, y que está por tanto en una relación espacial predeterminada con el marco esterotáctico 8 que está sujeto a la mesa de operaciones 30. La carcasa 41 sostiene una columna de soporte vertical 42, cuyo extremo superior soporta mediante pivote un brazo intermedio 42, el cual, a su vez, porta, en su extremo libre, una herramienta o instrumento montado mediante pivote que porta un brazo 44. Montada sobre el brazo de soporte 44 de la herramienta o instrumento está una cámara 45. El brazo de soporte 44 de la herramienta o instrumento se ilustra portando una herramienta o instrumento 46. Por supuesto, pueden contemplarse otros muchos tipos diferentes de robots para su uso con la invención.

La cámara 45 puede tener cualquier forma de cámara como por ejemplo una cámara de televisión, una cámara digital, un dispositivo CCD o dispositivo similar. La cámara está adaptada para la obtención de imágenes visuales de la cabeza 1 del paciente y de los marcadores 2 y, según se describe más adelante, está así mismo adaptada para obtener imágenes visuales del indicador 22.

La Figura 6 es una vista correspondiente a la Figura 5 que ilustra un indicador 22 montado en el marco esterotáctico. El cabezal 23 del indicador 22 tiene una relación espacial predeterminada con la cabeza del paciente. La Figura 7 ilustra la situación que se produce cuando el paciente ha sido cubierto con paños estériles; ocultando de esta forma los marcadores 2 pero dejando al descubierto el indicador estéril.

Debe entenderse que, cuando el paciente es inicialmente situado sobre la mesa de operaciones es necesario "registrar" el paciente con respecto al robot, de tal manera que las instrucciones que han sido generadas identificando la trayectoria que debe seguirse por la herramienta o instrumento portada por el robot pueden ser "trasladada" dentro del sistema de referencia o de las coordenadas espaciales del mismo robot. De esta forma, en el momento inicial, la cámara 45 obtiene imágenes de la cabeza 1, cuando la cámara está en posiciones específicas, y las imágenes tomadas por la cámara son transmitidas a un procesador, como se muestra en la Figura 8. El procesador recibe de esta forma mismo las imágenes o los datos derivados del aparato de obtención de imágenes de la Figura 1, y el procesador correlaciona de forma efectiva el sistema de referencia utilizado en el aparato de adquisición de imágenes de la Figura 1 y con el sistema de referencia del robot. El procesador puede de esta forma transmitir señales a la disposición del control del robot para que una herramienta o instrumento portado por el brazo 44 que porta el instrumento del robot lleva a cabo una maniobra deseada con respecto al paciente.

Con referencia ahora a la Figura 9 debe apreciarse que el procesador, al recibir las imágenes procedentes de la cámara 45 del robot determina de manera efectiva la posición de los marcadores 2 dentro del sistema de referencia del robot. Dado que la posición de los marcadores es conocida, con respecto al sistema de referencia del aparato de obtención de imágenes, el procesador puede correlacionar los dos sistemas de referencia y puede separar los comandos apropiados dentro del sistema de referencia interno del robot.

El procesador a continuación determina la posición del indicador 22, cuando el indicador ha sido montado sobre el marco esterotáctico, con respecto al marco interno de referencia del robot. Dado que el indicador 22 tiene una relación espacial predeterminada con el marco esterotáctico, y por tanto de esta forma mismo con los marcadores 2, el procesador puede determinar la relación espacial absoluta entre el indicador 22 y el sistema de referencia del paciente según se utiliza por el dispositivo de adquisición de imágenes de la Figura 1.

Por consiguiente, cuando el paciente está cubierto (véase la Figura 7) y los marcadores 2 están ocultos a la vista de la cámara 45 del robot, la cámara 45 del robot puede captar las imágenes del indicador 22 (el cual es visible a la cámara 45 del robot) y estas imágenes permiten que el procesador determine la posición de los marcadores 2 dentro del sistema de referencia del robot.

Debe apreciarse que el procesador está configurado para determinar la posición del indicador 22 y para responder al movimiento del indicador 22 dentro del sistema de referencia espacial del robot cuando los marcadores 2 están ocultos para determinar la nueva posición del indicador 22 y de esta forma la nueva posición del paciente. A continuación, el procesador puede controlar el robot para continuar llevando a cabo un movimiento predeterminado con respecto al paciente sobre la base de la nueva posición del paciente.

Debe apreciarse que, cuando se obtiene la imagen inicial del indicador 22, el indicador 22 puede ser un indicador estéril, montado de esta manera adecuada sobre el marco esterotáctico antes de que el paciente sea cubierto. El indicador puede permanecer en posición cuando el paciente haya sido cubierto dejando el indicador estéril para que sobresalga por encima de los paños que cubren al paciente.

Como una alternativa, sin embargo, el indicador que se utiliza durante el procedimiento ilustrado en la Figura 6, puede ser un indicador no estéril, y éste puede ser retirado, antes de la colocación de los paños, para ser sustituido por un indicador estéril insertado a través de una abertura apropiada practicada dentro de los paños estériles, después de que los paños estériles hayan sido situados en posición. Si se utiliza este expediente es esencial que el receptáculo 20 del marco esterotáctico que recibe el vástago 21 del indicador 22 debe ser tal que el vástago 21 del indicador 22 pueda quedar únicamente situado dentro del receptáculo 20 en una orientación determinada y con un grado determinado de inserción. De esta forma puede ser utilizado un indicador no estéril para la obtención de la imagen del indicador por la cámara 45 dispuesta en el robot, y este indicador puede ser sustituido por un indicador absolutamente idéntico, pero estéril, después de que se han completado los procesos de cubrición. El cabezal del indicador estéril ocupará entonces exactamente la misma posición, con respecto al marco esterotáctico, que el cabezal del indicador no estéril.

ES 2 319 572 T3

La cámara 45 continuará, cuando se haya llevado a cabo una operación sobre el paciente, obteniendo imágenes del indicador. El procesador está programado para determinar la posición del indicador dentro del sistema de referencia de la computadora a intervalos regulares, y para determinar si el indicador se ha movido. Si el indicador se ha movido, como consecuencia de un movimiento indeseado de la cabeza del paciente (o incluso como consecuencia de un movimiento deseado y requerido de la cabeza del paciente), el procesador al recibir las imágenes del indicador en su nueva posición desde la cámara 45 está programado para determinar la posición absoluta del indicador dentro del sistema de referencia del robot cuando los marcadores 2 están ocultos y, debido a que es conocida la relación espacial absoluta entre el indicador y los marcadores existentes en la cabeza del paciente, el procesador puede de manera efectiva recalibrar el robot, trasladando cualquier instrucción preparada sobre el sistema de referencia del dispositivo inicial de adquisición de imágenes tal y como se muestra en la Figura 1, en las instrucciones apropiadas, dentro del sistema de referencia del robot, con respecto a la posición actual de la cabeza del paciente.

Aunque la invención ha sido descrita con referencia fundamentalmente a una pieza de trabajo consistente en la cabeza de un paciente, debe entenderse que la invención puede igualmente ser utilizada en conexión con operaciones que deban llevarse a cabo en otras partes del paciente, como por ejemplo una rodilla o un codo o puede ser utilizada en “piezas de trabajo” que no sean parte de un paciente. Aunque la invención ha sido descrita con referencia a una forma específica de marco esterotáctico, puede ser utilizada cualquier forma apropiada de retención o sujeción.

La invención puede ser utilizada en el curso de una operación quirúrgica en un paciente y el instrumento 46 incorporado por el robot puede ser un instrumento quirúrgico.

Cuando se utilizan en la presente Memoria Descriptiva y en las Reivindicaciones, los términos “comprende” y “que comprende” y sus variantes significan que están incluidas las características, etapas o números especificados. Los términos no deben interpretarse para que se excluya la presencia de otras características, etapas o componentes.

REIVINDICACIONES

1. Un robot (40), estando el robot provisto de un brazo controlable (43, 44) para portar un instrumento o una herramienta (46), **caracterizado** porque el robot (40) está provisto de un dispositivo (45) de adquisición de imágenes visuales para obtener imágenes visuales de una pieza de trabajo (1) incluyendo imágenes de unos marcadores (2) y un indicador (22) presentes en la pieza de trabajo (1), y porque el robot (40) incorpora un procesador para procesar las imágenes, estando configurado el procesador para determinar la posición de los marcadores (2) dentro de un sistema de referencia espacial del robot (40) para determinar la posición de la pieza de trabajo (1) dentro del sistema de referencia espacial del robot (40) y para controlar el robot (40) para llevar a cabo movimientos predeterminados de un instrumento o herramienta (46) portado por el brazo (43, 44) con respecto a la pieza de trabajo (1) estando el procesador así mismo configurado para determinar la posición de dicho indicador (22) y para responder al movimiento de dicho indicador (22) dentro de la estructura de referencia espacial del robot (40) cuando los marcadores (2) están ocultos para determinar la nueva posición del indicador (22) y por tanto la nueva posición de la pieza de trabajo (1) y a continuación para controlar el robot (40) con el fin de continuar llevando a cabo los movimientos predeterminados con respecto a la pieza de trabajo (1).
2. Un robot de acuerdo con la reivindicación 1 en el que el robot (40) está configurado para recibir datos bajo la forma de o derivados de una o más imágenes de la pieza de trabajo (1) y de los marcadores (2) y la información concerniente a los procedimientos determinados, definiéndose los movimientos predeterminados dentro de un sistema de referencia con respecto a los marcadores (2).
3. Un robot de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2 para su uso por un cirujano, estando adaptado el brazo controlable (43, 44) para portar un instrumento o herramienta (46) de un cirujano.
4. Un robot de acuerdo con la reivindicación 1 en combinación con una disposición (8) provista de unos elementos (18, 19) para trabar la pieza de trabajo (1) para conectar la disposición a la pieza de trabajo, portando la disposición dicho indicador (22).
5. Un robot (40) de acuerdo con la reivindicación 4 en el que el indicador (22) está conectado de manera amovible a dicha disposición (8).
6. Un robot de acuerdo con la reivindicación 5 en el que el indicador (22) tiene un cabezal (23) que define una cara planar, estando la cara marcada para indicar un eje geométrico que pasa a través de la cara, siendo el cabezal (23) portado por un vástago (21), siendo el vástago (21) recibido dentro de un receptáculo (20) sobre la disposición (8).
7. Un procedimiento de registro de una pieza de trabajo (1) con respecto a un robot (40), comprendiendo el procedimiento las etapas de la obtención de una o más imágenes de una pieza de trabajo (1), la cual incorpora unos marcadores visuales (2), el procesamiento de las imágenes para identificar al menos un punto sobre la pieza de trabajo (1), la generación de unas señales de control para un robot (40) para definir una trayectoria que debe seguirse por una herramienta o instrumento (46) portada por el robot (40) para situar la herramienta o instrumento (46) sobre dicho punto, **caracterizado** porque comprende así mismo la etapa de la provisión al robot (40) de un dispositivo (45) de adquisición de imágenes, la utilización del dispositivo (45) de adquisición de imágenes para adquirir imágenes de los marcadores (2), la utilización de un procesador para procesar las imágenes obtenidas con dicho dispositivo (45) de adquisición y para controlar el robot (40) para mover la herramienta o instrumento (46) a lo largo de dicha trayectoria, la provisión de un indicador (22) que tiene una posición espacial predeterminada con respecto a los marcadores (2), el procesamiento dentro del procesador de las imágenes procedentes del dispositivo (45) de adquisición de imágenes para determinar la posición del indicador (22), la ocultación de los marcadores (2), la verificación de la posición de indicador (22), y la respuesta a un movimiento del indicador (22) con respecto a la estructura de referencia del robot (40) mediante el control del robot (40) para que la herramienta o el instrumento (46) continúe desplazándose a lo largo de dicha trayectoria.
8. Un procedimiento de registro de una pieza de trabajo (1) de acuerdo con la reivindicación 7 en el que el indicador (22) está montado de manera amovible sobre una disposición (8) la cual está fijada a la pieza de trabajo (1), comprendiendo el procedimiento las etapas de retirar el indicador (22) de dicha disposición (8) antes de la ocultación de los marcadores (2), y la sustitución del indicador (22) por un indicador idéntico, pero estéril, después de la ocultación de los marcadores (2).
9. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8 en el que la ocultación de los marcadores (2) se lleva a cabo mediante la aplicación de unos paños estériles sobre la pieza de trabajo (1).
10. Un procedimiento de registro de una pieza de trabajo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9 en el que la etapa de la obtención de una o más imágenes se lleva a cabo utilizando un aparato de rayos X o de resonancia magnética nuclear o por ultrasonidos.
11. Un procedimiento de registro de una pieza de trabajo (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 en el que la etapa de procesamiento de las imágenes se lleva a cabo con la ayuda de un operador humano para analizar las imágenes, y para utilizar un puntero para identificar al menos un punto sobre la pieza de trabajo (1).

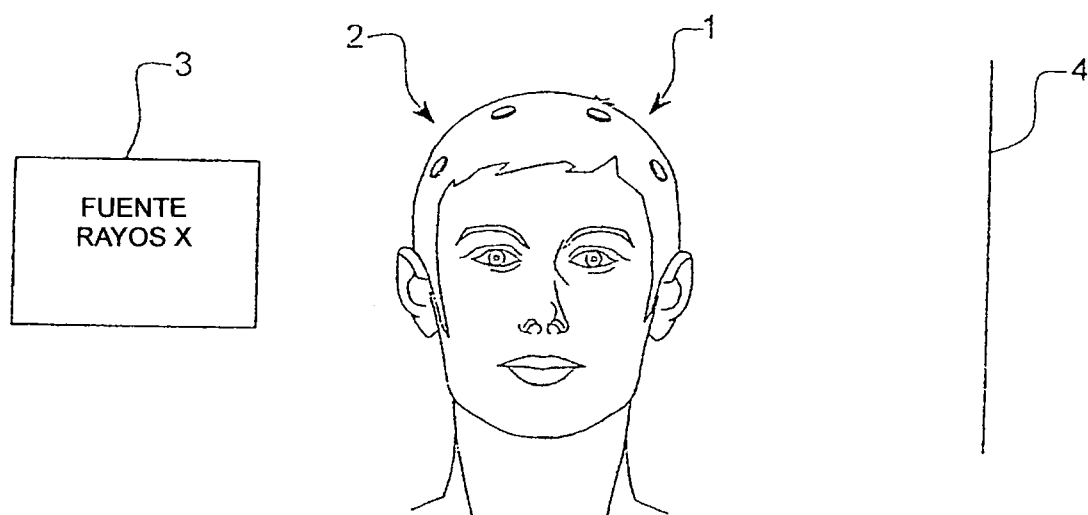


FIG 1

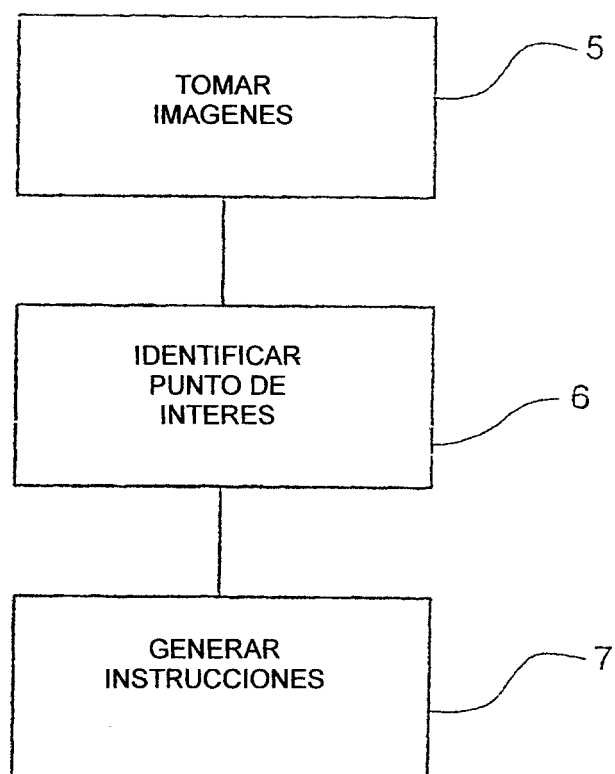


FIG 2

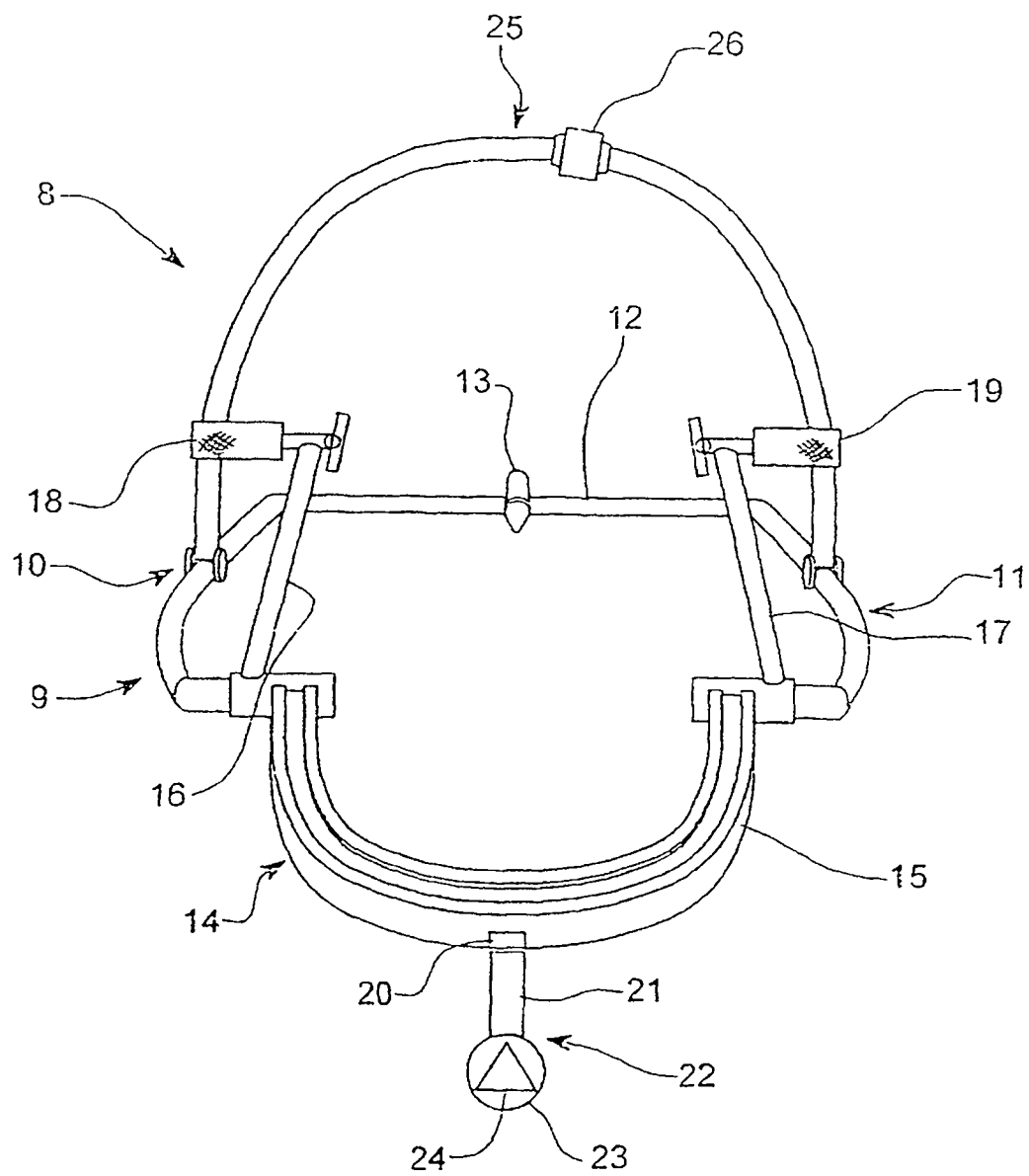
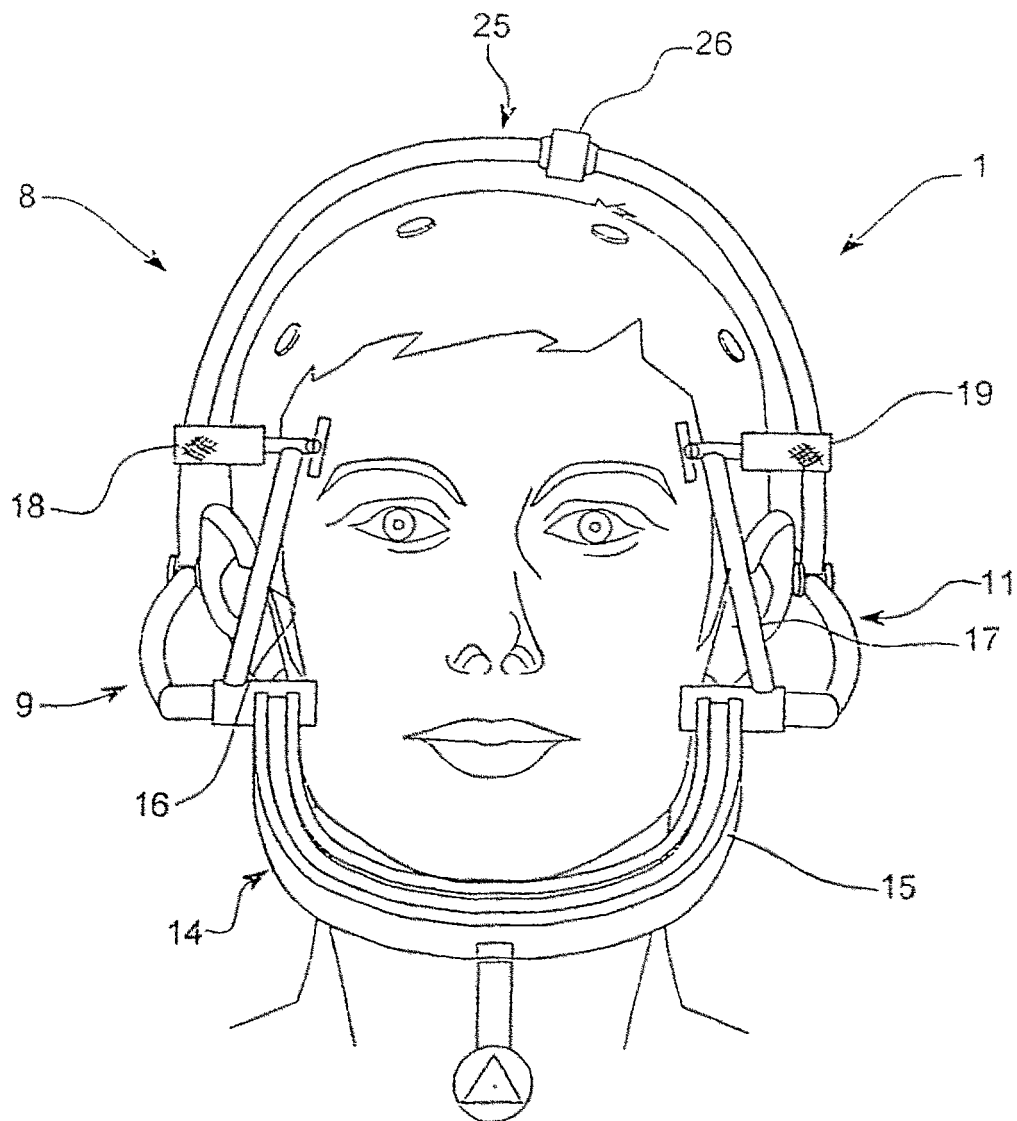


FIG 3



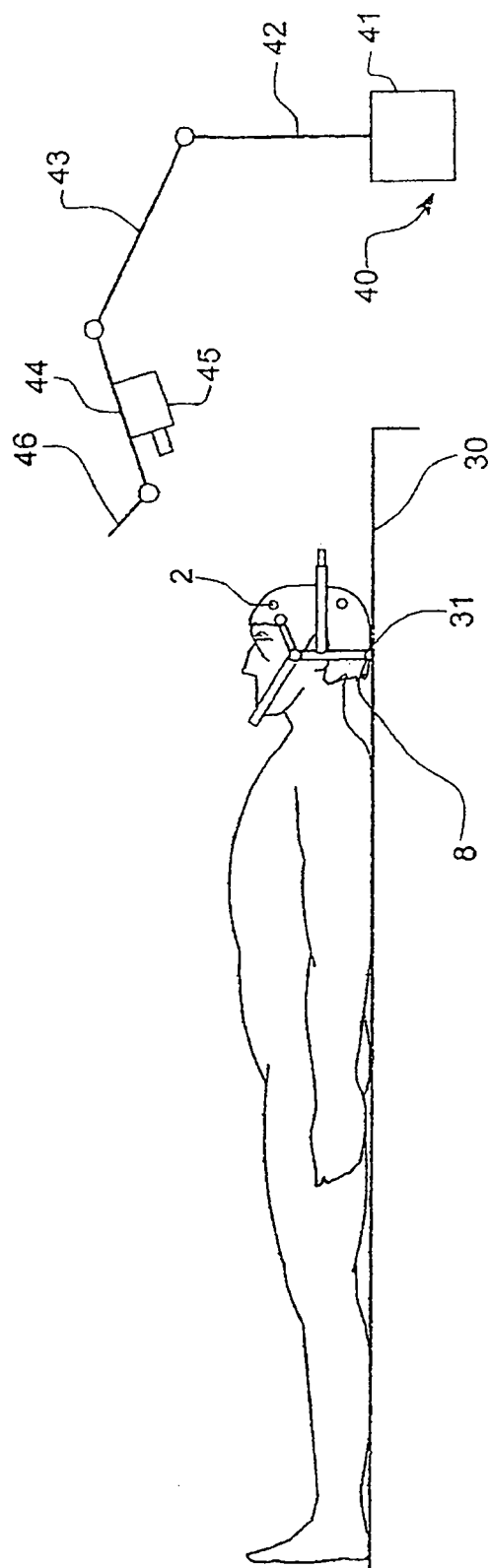


FIG. 5

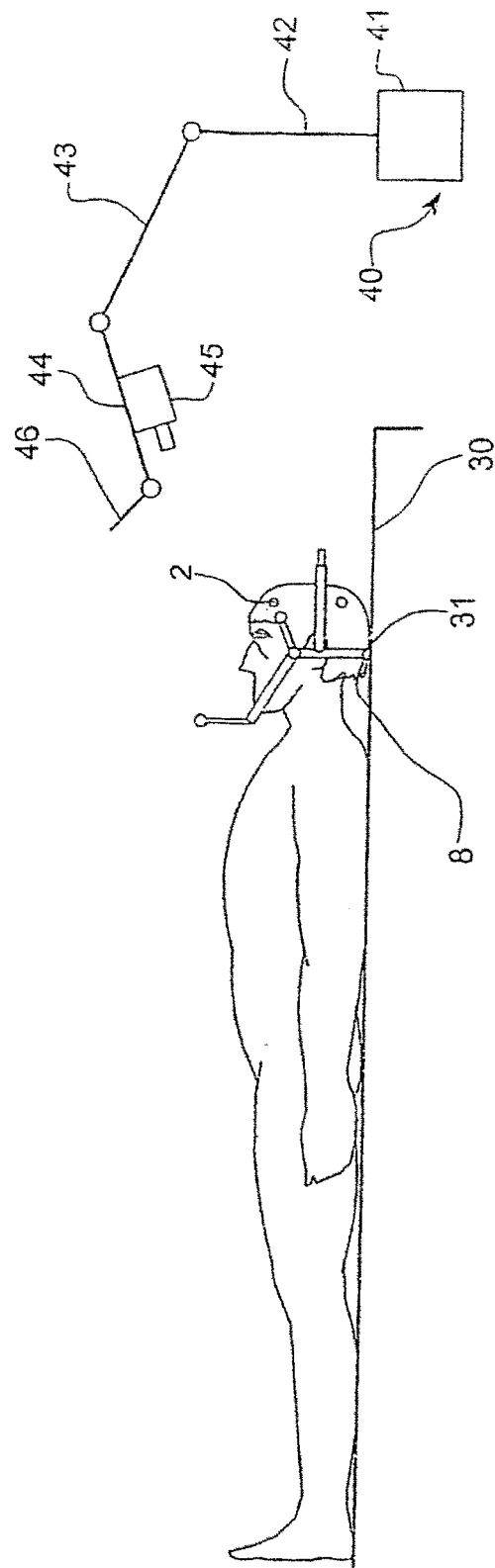


FIG. 6

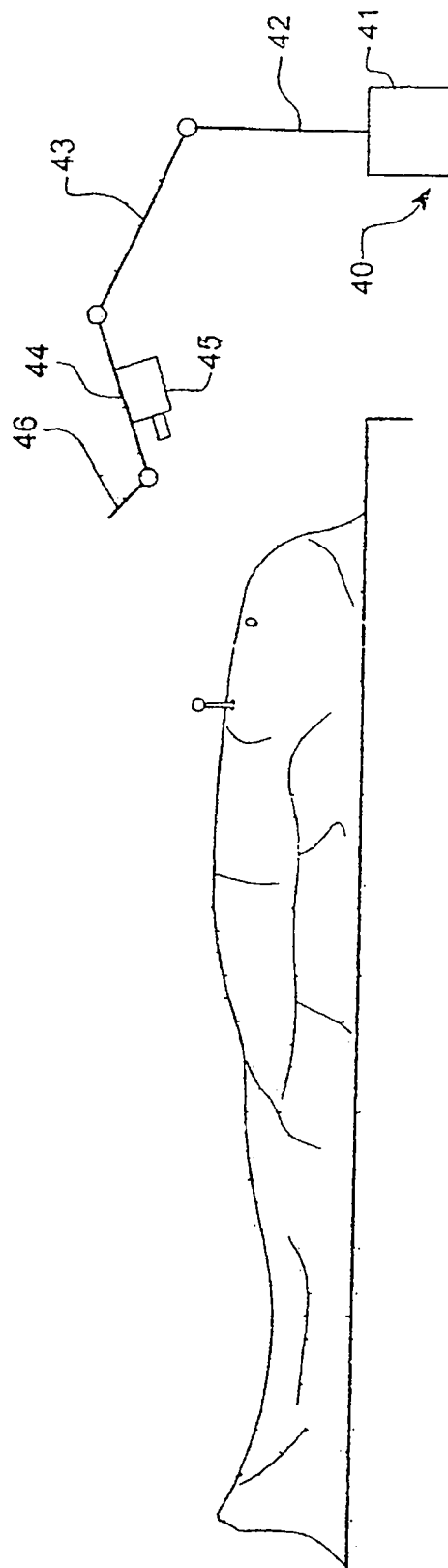


FIG. 7

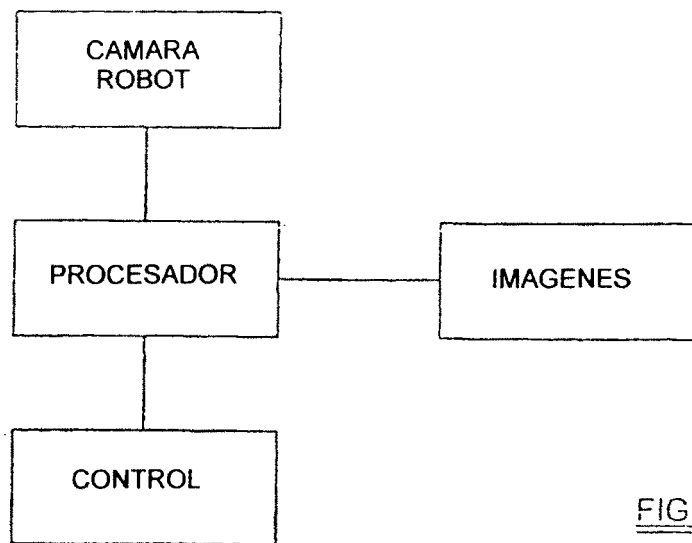


FIG 8

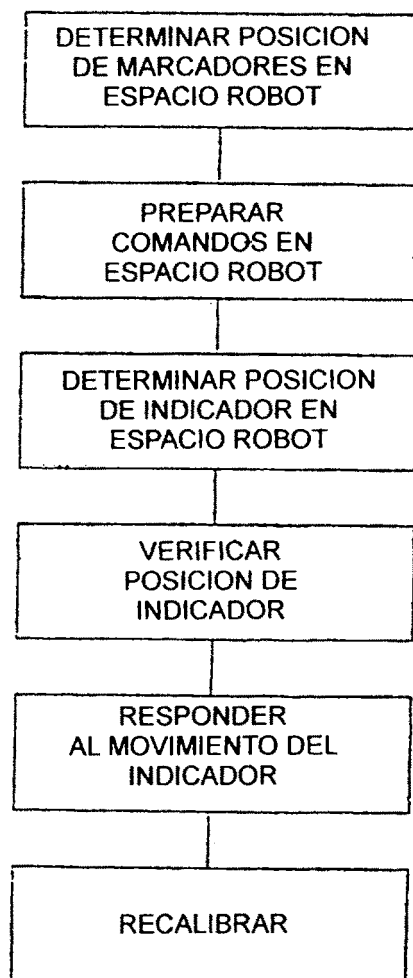


FIG 9