(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 684 140**

(51) Int. Cl.:
A61B 34/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2012** **PCT/EP2012/002207**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013** **WO13174402**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2012** **E 12723116 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018** **EP 2852347**

(54) Título: **Medición de la longitud de un tornillo de bloqueo**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.10.2018

(73) Titular/es:

STRYKER EUROPEAN HOLDINGS I, LLC (100.0%)
2825 Airview Boulevard
Kalamazoo, MI 49002, US

(72) Inventor/es:

BLAU, ARNO;
SIMON, BERND y
REIMERS, NILS

(74) Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 684 140 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

Medición de la longitud de un tornillo de bloqueo

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La invención se refiero al campo de la cirugía asistida por ordenador. En particular, la invención se refiere a un procedimiento basado en un software informático para identificar la longitud de un tornillo óseo a insertar en un hueso mediante un orificio. Además, la invención se refiere a un dispositivo correspondiente y un procedimiento de operación del mismo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Normalmente, un tornillo óseo y, en particular, un tornillo de bloqueo para fijar un clavo óseo, se inserta en un hueso mediante la apertura del tejido que rodea al hueso, a fin de obtener acceso al hueso en un lugar donde se pretende introducir un tornillo. Antes de atornillar el tornillo, debe hacerse una perforación para formar el canal por el que pasará el tornillo. En dicho canal, se atornillará el tornillo óseo.

Un aspecto fundamental de dicha inserción de un tornillo óseo es que el tornillo debería presentar una longitud tal que proporcione estabilidad suficiente, es decir, tanto como sea posible de la rosca del tornillo debería involucrarse con el tejido óseo duro (Corticalis), pero, por el otro lado, el tornillo debería no ser tan largo de modo que al menos una sección del extremo del tornillo pueda sobresalir del hueso, lo que podría provocar irritaciones y falta de firmeza en el tejido blando circundante, es decir, en los músculos y tendones.

Teniendo en mente que un médico normalmente tendrá acceso al hueso solo desde un lado, es decir, en el punto de entrada para el tornillo, resulta difícil medir la longitud o la profundidad de un orificio en el que debería introducirse un tornillo.

La patente WO 2010/122145 A1 describe un procedimiento y un sistema para evaluar la pose relativa de un implante y un hueso de una criatura, el procedimiento comprende: a) la adquisición de una o varias imágenes médicas de rayos X del hueso con el implante montado en el hueso en forma preliminar; b) la proporción de una base de datos de modelos de implantes 3D y la selección de implante utilizado; c) el emparejamiento entre el implante virtual y la imagen médica de rayos X; d) la selección de un modelo óseo; y e) la adecuación del modelo óseo a la imagen médica de rayos X. Este sistema y procedimiento ahora permiten evaluar directamente en la sala de operaciones la pose relativa del implante y el hueso o los fragmentos óseos mediante una comparación de la imagen médica y la imagen virtual respectiva, ambas con la misma orientación a la vista. Las correcciones en la posición también por ejemplo en la profundidad de penetración del hueso por parte de los tornillos de montaje pueden efectuarse durante la cirugía. Es posible tomar medidas en esta imagen superpuesta, como la medida de los ángulos de fragmentos de hueso relacionados entre sí o del hueso en relación con el implante.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

La invención se describe en el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

Puede observarse como un objetivo de la invención proporcionar medios para identificar una longitud de un tornillo óseo a insertar a través de un orificio en un hueso, para colaborar con la inserción de un tornillo y obtener mejores resultados de la implantación. Un objetivo adicional podría ser reducir la cantidad de radiación a la que el paciente se expone durante un procedimiento de implantación. Estos y otros objetos se resolverán en el asunto en cuestión de cada una de las reivindicaciones independientes. Las realizaciones adicionales se describen en las respectivas reivindicaciones dependientes.

KK:KMS:mpi

De acuerdo con un primer aspecto, un procedimiento comprende, en general, los pasos de la identificación de una dirección de perforación predeterminada o deseada y una posición predeterminada o deseada de una primera imagen de proyección de rayos X del hueso, la transferencia de la dirección y posición identificadas a un modelo óseo 3D correspondiente y la determinación de la longitud del tornillo óseo en el modelo óseo, en base a la dirección y posición transferidas.

Como se usa en la presente invención, además de cualquier sentido llano y ordinario, el término "modelo óseo" abarca, por ejemplo, un modelo 3D de un hueso. El modelo óseo podría generarse en base a al menos un escaneo 3D de al menos un hueso real del mismo tipo, por ejemplo un fémur o húmero y/o mediante la formación de un promedio de una serie de escaneos 3D. En el documento titulado "Desarrollo basado en la evidencia de una nueva placa lateral del peroné (VariAX Fibula) usando un proceso de optimización basado en datos de un hueso real escaneado durante el desarrollo" de A.P. Schulz y col. (The Open Orthopaedics Journal, 2012, 6,-1[7]) se describe una utilización ejemplar.

Para calcular la longitud del tornillo a lo largo de distintas direcciones y posiciones que no se muestran en los rayos X del hueso a tratar, se utilizan varias dimensiones de un modelo 3D correspondiente. Se ha descubierto que hay una alta probabilidad de que el modelo 3D correspondiente coincida con el hueso a tratar con la precisión suficiente para determinar aproximaciones aceptables en lo que respecta a la longitud del tornillo.

En otras palabras, en base a solo una imagen de proyección, por consiguiente, es posible determinar una longitud entre dos puntos donde al menos uno de ellos está oscuro, es decir que no resulta visible en la imagen de proyección. Por ejemplo, es posible determinar la longitud entre dos superficies externas, medidas en la dirección de la imagen. En otras palabras, es posible determinar la profundidad de una estructura en una imagen de proyección de la misma.

De acuerdo con la invención, la identificación de la posición predeterminada en el hueso incluye una medición de las distancias entre el orificio y la superficie externa del hueso ilustrado (i) en una dirección axial del hueso y (ii) en una dirección perpendicular a la dirección axial del hueso.

Es decir, la posición del punto central del eje del orificio, al mirar en la dirección del eje del orificio, se mide en una dirección longitudinal y en una dirección transversal del hueso. Se entenderá que la dirección del eje del orificio es idéntica a la dirección de perforación.

De acuerdo con una realización adicional, el procedimiento comprende además el paso de determinar el diámetro del hueso ilustrado entre dos superficies externas opuestas del hueso ilustrado en relación con un cuerpo de referencia que también resulta visible en la imagen de rayos X. El diámetro puede ser la distancia entre ambas superficies externas del hueso en una dirección transversal del hueso, preferiblemente en la misma dirección transversal que aquella en que se identifica y mide la posición del orificio.

Cabe señalar que deberán conocerse las dimensiones del cuerpo de referencia a fin de poder calcular el factor que representa la relación, por ejemplo, entre una longitud del cuerpo de referencia como se ve en la imagen y una longitud real del cuerpo de referencia. Este factor puede usarse posteriormente para determinar por ejemplo un diámetro real de un hueso de la imagen. El diámetro real del hueso de la imagen puede llevar, a su vez, a un modelo óseo, donde al menos el tamaño del mismo coincida con el hueso de la imagen, de modo tal que la longitud que no resulta visible en la imagen pueda determinarse en dicho modelo.

Un hueso particular como un fémur tiene una relación casi constante entre su longitud y su ancho, es decir, el fémur tiene una forma específica sin importar cuál sea su tamaño. Por lo tanto, es posible seleccionar un modelo óseo en base a una sola dimensión medida, por ejemplo, según el diámetro de la diáfisis en una dirección. Puede suponerse la alta probabilidad de que otras dimensiones del modelo óseo, tal como la longitud o un diámetro perpendicular al diámetro de la medida, se correlacionen con las dimensiones reales correspondientes de un hueso de la imagen.

Cabe señalar que los datos de la primera imagen de rayos X pueden recibirse directamente de un dispositivo de imágenes, por ejemplo de un dispositivo de rayos X 2D basado en un brazo en C. La imagen puede representar una estructura anatómica de interés, en particular un hueso.

De acuerdo con otra realización, el procedimiento comprende además el paso de la selección de un modelo óseo de entre un grupo de modelos óseos con distintos tamaños y formas, para que dicho modelo se corresponda con el hueso de la imagen. El grupo de modelos óseos puede almacenarse en una base de datos. Además, tal grupo puede ser una selección de imágenes 3D previamente generadas, cada una de otra persona, donde los sujetos podrían diferir en términos de tamaño, peso y edad. Por consiguiente, la base de datos puede contener varios modelos de cada hueso (por ejemplo, de la tibia, el fémur o el húmero), incluyendo modelos óseos de diferentes edades, sexos y tamaños individuales. El software utiliza datos de

imágenes en escala de grises para determinar al menos una dimensión de los rayos X (imagen 2D) del hueso a tratar y busca en la base de datos un modelo óseo de una persona de la misma edad, sexo y tamaño, por ejemplo, que tenga al menos una dimensión idéntica o que como mínimo se aproxime en gran medida al hueso a tratar. Cuando se determina una coincidencia, se selecciona un modelo tridimensional del hueso que coincide en la base de datos y se lo utiliza como modelo óseo 3D correspondiente al hueso a tratar.

De acuerdo con otra realización más, el procedimiento además comprende el paso de la adaptación de un modelo óseo para que el mismo se corresponda con el hueso de la imagen. También aquí, el modelo óseo puede almacenarse en una base de datos. En este caso, el modelo óseo puede generarse formando un promedio de una pluralidad de imágenes 3D creadas con anterioridad. Para adaptar el modelo óseo al hueso de la imagen, el tamaño del modelo óseo podría ser aumentado o reducido de manera significativa a fin de coincidir con el tamaño del hueso, de acuerdo con las medidas de la imagen.

De acuerdo con una realización, la primera imagen de rayos X se genera en una dirección paralela a la de perforación. Por consiguiente, la primera imagen de rayos X se genera desde un punto de vista desde el que uno podría mirar en una dirección en la que el eje del orificio se extiende, es decir, uno podría mirar por ejemplo en forma perpendicular sobre el hueso. Desde dicho punto de vista, podría ser más sencillo identificar superficies externas del hueso y medir una distancia desde una superficie externa diferente al centro del orificio.

En el caso de un tornillo de bloqueo para bloquear un clavo óseo, la longitud del tornillo óseo puede corresponder a la distancia entre las superficies externas del hueso a ambos extremos del orificio con este último siendo un orificio que atraviesa un hueso largo.

Podría alcanzarse un resultado mejorado en base a una segunda imagen de rayos X generada desde una segunda dirección de imagen. Por consiguiente, el procedimiento además puede comprender el paso de determinar un diámetro del hueso de la imagen entre dos superficies externas opuestas del hueso de la imagen en relación con el cuerpo de referencia, el cual también resulta visible en una segunda imagen de rayos X del hueso, donde las direcciones de la imagen de la primera y la segunda imagen de rayos X difieren entre sí.

Si bien la forma de un hueso, por ejemplo un fémur, normalmente no varía al incrementar su tamaño, al menos como una primera aproximación, a veces la forma podría no ser la esperada. Por lo tanto, una segunda imagen de rayos X podría servir como modo de controlar las dimensiones a esperar de un hueso ilustrado a fin de asegurar que el modelo óseo utilizado coincida tanto en tamaño como en forma con el hueso ilustrado.

De acuerdo con una realización adicional, el procedimiento no incluye ningún paso que lleve a la situación en la que se posicione un clavo óseo en un hueso, dado que este paso constituye un tratamiento de un cuerpo humano o animal mediante cirugía.

De acuerdo con un aspecto adicional, un dispositivo para identificar una longitud de un tornillo óseo a insertar a través de un orificio perforado en una dirección de perforación y una posición predeterminadas a través de un hueso, comprende una unidad de procesamiento adaptada para la ejecución del procedimiento descrito arriba, es decir, comprende una unidad de procesamiento adaptada para identificar la dirección y posición predeterminadas en el hueso en una imagen de rayos X, transferir la dirección y posición identificadas al modelo óseo correspondiente y determinar la longitud del tornillo óseo en base a la dirección y posición transferidas al modelo óseo.

De acuerdo con una realización, el dispositivo comprende medios de almacenamiento a través de una base de datos. Se entenderá que dichos medios de almacenamiento también pueden brindarse a través de una red a la que el sistema puede conectarse y donde la información puede relacionarse con el modelo óseo, es decir, diferentes tipos de modelos y parámetros de los mismos podrían recibirse mediante esa red.

Además, el dispositivo puede comprender una unidad de imágenes para generar al menos una imagen de rayos X, donde la unidad de imágenes podría ser capaz de generar imágenes desde distintas direcciones.

El dispositivo además puede comprender medios de entrada para determinar en forma manual una posición en la imagen de rayos X, por ejemplo, una superficie ósea, para medir una distancia en la imagen. Dichos medios de entrada podrían ser, por ejemplo, un teclado o ratón de ordenador, o una pantalla táctil, para controlar un

dispositivo señalador como un cursor en una pantalla de monitor, lo que también podría estar incluido en el dispositivo.

De acuerdo con otra realización adicional, la unidad de procesamiento además se adapta para ajustar el modelo óseo, a fin de que este último se corresponda con el hueso de la imagen.

Cabe señalar que los medios de procesamiento pueden incluir un único procesador que realiza todos los pasos descritos o un grupo o conjunto de procesadores, por ejemplo un procesador de sistema para el procesamiento de datos de imagen, incluyendo una identificación de las estructuras anatómicas como una superficie ósea, un procesador separado especializado en el procesamiento de un modelo óseo y la determinación de distancias, y un procesador más para el control de un monitor que usa para visualizar el resultado.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un software de computación, el cual, cuando se ejecuta en un dispositivo como el descrito, hace que el dispositivo lleve a cabo los pasos del procedimiento como se ha descrito.

El software de computación puede incluir conjuntos de instrucciones para determinar una posición en una superficie ósea y/o un diámetro entre superficies externas, de modo que dicha determinación podría realizarse en forma automática. Se entenderá que el programa de computación además podría incluir conjuntos de instrucciones para identificar un objeto de referencia en la imagen.

Preferiblemente, el programa de computación correspondiente podría estar cargado en una memoria de trabajo de un procesador de datos. Por lo que el procesador de datos o la unidad de procesamiento, podría estar equipado para realizar como mínimo parte del procedimiento descrito. Además, la invención se relaciona con un medio legible mediante ordenador, tal como un CD-ROM en el que podría almacenarse el programa de computación. Sin embargo, el programa de computación también podría presentarse a través de una red, como la World Wide Web, y podría descargarse en la memoria operativa del procesador de datos de dicha red.

Es necesario señalar que las realizaciones se describen con referencia a los distintos asuntos en cuestión. En particular, algunas realizaciones se describen en referencia a reivindicaciones del tipo de procedimientos (programa de computación), mientras que otras se describen en referencia a reivindicaciones del tipo de aparatos (dispositivo). Sin embargo, un experto en la materia recogería, a partir de las descripciones anteriores y las siguientes, que a menos que se notificase otra cosa en forma adicional a cualquier combinación de características pertenecientes a un tipo de asunto en cuestión también cualquier combinación entre características en relación con los distintos asuntos en cuestión debe considerarse como descrito con esta aplicación.

Los aspectos definidos con anterioridad, y aspectos, características y ventajas adicionales de esta invención también pueden derivarse de los ejemplos de las realizaciones a describir de aquí en adelante y se explican con referencia a los ejemplos de realizaciones que también se muestran en las figuras, aunque la invención no se limita a los mismos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de los pasos realizados de acuerdo con un procedimiento descrito en esta invención.

La figura 2 muestra una ilustración esquemática de un sistema de acuerdo con una realización descrita en esta invención.

La figura 3 ilustra una transferencia de una distancia en una dirección longitudinal del hueso en una imagen al modelo óseo.

La figura 4 ilustra la transferencia de una distancia en una dirección transversal de la imagen de un hueso al modelo óseo.

La figura 5 muestra un hueso junto con un tornillo ilustrado desde una segunda dirección.

A lo largo de los dibujos, se utilizan los mismos números y caracteres de referencia, a menos que se indique lo

contrario, para denotar características, elementos, componentes o porciones similares de las realizaciones ilustradas. Además, si bien la presente descripción ahora se proporcionará en detalle con referencia a las figuras, se lleva a cabo en conexión con las realizaciones ilustrativas y no está limitada por las realizaciones particulares ilustradas en las figuras.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

El diagrama de flujo en la Fig. 1 ilustra el principio de los pasos realizados de acuerdo con el procedimiento descrito. Se entenderá que los pasos descritos son los principales, por lo que deben diferenciarse o dividirse en varias subfases. Además, podría haber subfases entre estos pasos principales.

En el paso S11, se recibe una primera imagen de rayos X, en que la misma podría generarse, por ejemplo, en una dirección mediolateral. La primera imagen de rayos X muestra una región de interés incluyendo una posición en un hueso en el que se insertará un tornillo. La imagen de rayos X muestra además un cuerpo de referencia.

En el paso S12, se determina un factor de escala en base a las dimensiones reales e ilustradas del cuerpo de referencia.

En el paso S13, se mide una primera dimensión del hueso en la imagen de rayos X y se determina la primera dimensión del hueso real.

En el paso S14, se selecciona o adapta el modelo óseo 3D, del cual, al menos la primera dimensión, coincide con la primera dimensión del hueso real.

En el paso S15, se identifica la ubicación de la superficie ósea en la que el tornillo óseo debería insertarse, así como también la dirección de perforación a considerar. Se entenderá que la dirección de perforación puede identificarse fácilmente en un caso en que la manga de protección de tejido resulta visible en la imagen de rayos X. Como ya se dijo, se proporcionará un orificio en la dirección de perforación en la que el tornillo óseo deberá colocarse posteriormente.

En el paso S16, el punto y la dirección identificados se transfieren al modelo óseo seleccionado y/o adaptado.

En el paso S17, se mide una distancia en el modelo óseo 3D, la cual representa una longitud apropiada para un tornillo que por consiguiente puede insertarse en forma precisa en el hueso, en la posición y dirección identificadas.

Después del paso S13, una segunda imagen de rayos X puede recibirse en el paso S21. La segunda imagen de rayos X debería generarse desde una dirección de imagen diferente a la utilizada en la primera imagen. Por ejemplo, la segunda imagen de rayos X puede generarse en una dirección anteroposterior. Como la primera imagen de rayos X, la segunda imagen de rayos X muestra la región de interés, así como también el cuerpo de referencia.

En el paso S22, se determina un factor de escala adicional en base a las dimensiones reales e ilustradas del cuerpo de referencia. Cabe señalar que el factor de escala adicional podría utilizarse para todas las dimensiones relacionadas con el plano de proyección de la segunda imagen de rayos X. En este caso, el factor de escala como se lo determina en el paso S12, por consiguiente, solo podría ser utilizado para las dimensiones relacionadas con el plano de proyección de la primera imagen de rayos X.

En el paso S23, se mide una segunda dimensión del hueso en la segunda imagen de rayos X y se determina la segunda dimensión del hueso real.

Después del paso S23, en el paso S14, se selecciona y adapta un modelo óseo 3D, caso en el que tanto las primeras como las segundas dimensiones, así como también ambos factores de escala se toman en consideración. Posteriormente, los pasos S15, S17 se realizan como se describe arriba.

Mediante los procedimientos descritos, un médico podría obtener la información que apoye la decisión sobre qué tornillo óseo debe utilizarse.

La fig. 2 muestra una realización de un dispositivo. De manera sustancialmente necesaria para la ejecución de los pasos descritos, el dispositivo comprende una unidad de procesamiento 100 y un monitor 400.

El dispositivo de imagen del ejemplo 200 incluye una fuente de rayos X 240 y un detector de rayos X 260, en el cual estos dos dispositivos se encuentran montados sobre un brazo en C 220. Se entenderá que el dispositivo también puede comprender otra modalidad de imágenes no invasiva como un dispositivo de tomografías computarizadas como dispositivo de imágenes en lugar de o de manera adicional al dispositivo de rayos X basado en un brazo en C, para la generación de imágenes de proyección individual.

Además, el dispositivo de la fig. 2 incluye un dispositivo de entrada 300 por medio del cual, por ejemplo, puede realizarse la determinación manual de la posición de una superficie ósea.
También se muestra una conexión (como línea de puntos) a una base de datos 600 ubicada, por ejemplo, en una red.

Por último, se muestra una región de interés 500. Dentro de dicha región, por ejemplo puede ubicarse el hueso de un paciente, en el que se pretende introducir un tornillo, aunque debe identificarse una longitud apropiada para este último.

Las figuras 3 a 5 ilustran una realización de un procedimiento que se lleva a cabo para determinar la longitud de un tornillo que debería insertarse a través de un orificio lateral de un clavo óseo en un extremo distal de un fémur.

La figura 3 muestra una visualización de manera esquemática de una imagen de rayos X (marcada con un círculo) junto con un modelo óseo. La imagen de rayos X es una proyección 2D de una porción de extremo distal de un fémur 10, generada en una dirección mediolateral. Se coloca un clavo óseo 20 en el canal medular del fémur 10. La punta del clavo óseo 22 y 20 está ubicada en el fémur con una distancia D hacia afuera del punto más distal del fémur 10. Con una distancia X de la punta del clavo óseo 22 y 10, se proporciona el centro de un orificio 24 a través del clavo óseo 20. En este ejemplo, se supone que debería usarse un tornillo de bloqueo a través del orificio 24.

En la imagen de rayos X de la figura 3, el clavo óseo 20 puede servir como cuerpo de referencia. Por ejemplo, se conoce la cantidad real de distancia X, por lo que es posible calcular un factor de escala en base a la distancia real X y la distancia X de acuerdo con la medición en la imagen de rayos X. Por consiguiente, la distancia real que corresponde a la distancia D, de acuerdo con la imagen, puede determinarse usando el factor de escala.

Además, el diámetro del fémur, por ejemplo medido en forma perpendicular al eje del fémur o el eje del clavo óseo, se mide en la imagen de rayos X de modo tal que permita determinar el diámetro real de la diáfisis del fémur a una distancia diferente desde el punto más distal del fémur. En base al diámetro real determinado, puede seleccionarse un modelo óseo 50 y, si es necesario, puede adaptarse este último al diámetro real determinado del fémur.

En el modelo óseo seleccionado, se puede identificar un plano o corte a través del cual debería insertarse un tornillo. Este plano o corte 56 puede identificarse en una distancia D+X, medida desde el punto más distal en el modelo óseo del fémur, con la distancia X conocida y la distancia D determinada. En la figura 4 se muestra una vista de planta del corte identificado 56.

En la figura 4 se puede ver nuevamente la imagen de la proyección 2D de la figura 3, pero con una indicación del eje longitudinal 26, del clavo óseo 20 y la línea central 16 de la diáfisis del fémur 10. Como se puede ver, el clavo óseo está ubicado dentro de la mitad superior del fémur. En la figura 4 se muestra el corte 56 con la línea central del corte siendo idéntica a la línea central de la imagen de proyección de rayos X junto a la misma, y con el eje del clavo óseo siendo idéntico al eje del clavo óseo 26 y 20 en dicha imagen de proyección de rayos X.

En base a la línea central 16 de la diáfisis del fémur y el eje del clavo óseo 26, es posible determinar una altura H a la que el tornillo debe insertarse a través del fémur, extendiéndose así a través del orificio transversal del clavo óseo. Cabe señalar que la altura, es decir, la posición del orificio medida en una dirección anteroposterior, también puede determinarse en relación a una de las superficies externas del fémur en lugar de la línea central del mismo.

Como se puede observar en la ilustración del corte del modelo óseo 56, la silueta externa del hueso no es regular. En particular, la distancia entre dos superficies externas opuestas varía dependiendo de la posición y/o el ángulo en que se mide la distancia. Por consiguiente, el ancho horizontal L en la altura H difiere del ancho L_{max}, el cual

resultaría reconocible en una imagen de rayos X generada en una dirección vertical, es decir, en forma perpendicular al ancho. De hecho, el ancho L es inferior al ancho L_{max}.

En la figura 5 solo se muestra una imagen de protección de rayos X de manera esquemática, donde esta imagen de rayos X se genera en una dirección anteroposterior, es decir desde arriba cuando la persona está acostada boca arriba.

La figura 5 muestra el fémur 10, el clavo óseo 20, así como también un dispositivo direccional 60 en el que se dispone una manga de protección de tejido 70. La manga de protección de tejido 70 puede servir en primer lugar como un cuerpo de referencia para la determinación de un factor de escala adicional, en segundo lugar como un elemento de guía para indicar el camino del perforador, el cual se utiliza para perforar un canal para un tornillo a través del hueso y, en tercer lugar, como un medio para permitir que el tornillo sea insertado de manera precisa dentro del orificio perforado sin interferir con el tejido circundante. Se entenderá que también el clavo óseo 20 y de manera alternativa el brazo del dispositivo direccional 60 pueden servir como cuerpo de referencia para determinar el factor de escala adicional.

Como se representa en la figura 5, la longitud del tornillo es inferior al ancho general del hueso, de acuerdo con lo que se visualiza en la imagen de proyección de rayos X. Sin embargo, la longitud del tornillo es adecuada para una introducción en la posición deseada (distancia al extremo distal del hueso y altura en relación con el eje del hueso) y la dirección pretendida.

Si bien las realizaciones han sido ilustradas y descritas en detalle en los dibujos y la descripción anterior, dichas ilustraciones y descripciones deben considerarse como ilustrativas o ejemplificativas y no restrictivas, ya que la invención no se encuentra limitada a las realizaciones descritas.

A partir de un estudio de los dibujos, la descripción y las reivindicaciones adjuntas, los expertos en la materia que pondrían en práctica esta invención podrían entender y atribuir efecto a otras variaciones de las realizaciones descritas. En las reivindicaciones, la palabra "comprende" no excluye otros elementos o pasos y el artículo indefinido "un" no excluye una pluralidad. Un procesador individual de otra unidad puede completar las funciones de varios elementos citados en las reivindicaciones.

El mero hecho de que se citen ciertas medidas y haya reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no significa que una combinación de estas medidas no pueda utilizarse para sacar provecho. El programa de computación puede almacenarse/distribuirse a través de un medio adecuado, como un medio de almacenamiento óptico o un medio en estado sólido suministrado junto con o como parte de otro hardware, aunque también podría distribuirse en otras formas, como a través de la Internet u otros sistemas de telecomunicación por cable o inalámbricos. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe considerarse como restrictivo en cuanto al alcance.

LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

10	fémur
16	línea central de la diáfisis del fémur
20	clavo óseo
22	punta del clavo óseo
24	orificio transversal
26	eje del clavo óseo
30	tornillo
50	modelo óseo
52	canal medular del modelo óseo
54	Corticalis del modelo óseo
56	corte del modelo óseo
60	dispositivo direccional
70	manga de protección de tejido
100	medios de procesamiento
200	dispositivo de imágenes
220	brazo en C
240	fuente de rayos X
260	detector de rayos X

300	dispositivo de entrada
400	monitor
500	región de interés
600	base de datos

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para identificar la longitud del tornillo óseo (30) a insertar a través de un orificio perforado en una dirección de perforación predeterminada en una posición predeterminada a través de un hueso (10), el procedimiento se caracteriza por comprender los siguientes pasos:

- identificar la dirección de perforación predeterminada de dicho tornillo óseo (30) y la posición predeterminada en una primera imagen de rayos X del hueso, en la que la identificación de la posición predeterminada en el hueso (10) incluye una medición de las distancias entre el orificio y la superficie externa de la imagen del hueso (i) en una dirección axial del hueso y (ii) en una dirección perpendicular a la dirección axial del hueso;
- transferir la dirección y la posición identificadas a un modelo óseo correspondiente; y
- determinar la longitud del tornillo óseo (30) en base a la dirección y posición transferida en el modelo óseo (50).

2. El procedimiento de la reivindicación 1 además comprende el paso de determinar el diámetro del hueso de la imagen entre dos superficies opuestas en dicho hueso en relación con un cuerpo de referencia (20) que resulta visible en la primera imagen de rayos X.

3. El procedimiento de la reivindicación 1 comprende además el paso de seleccionar un modelo óseo (50) de un grupo de modelos óseos con diferentes tamaños y formas para que se corresponda con el hueso de la imagen (10).

4. El procedimiento de la reivindicación 1 comprende además el paso de adaptar un modelo óseo (50) para que este último se corresponda con el hueso de la imagen (10).

5. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la primera imagen de rayos X se genera en una dirección paralela a la de perforación.

KK:KMS:mpi

6. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la longitud del tornillo óseo (L y 30) corresponde a la distancia entre las superficies externas del hueso a ambos extremos del orificio.

7. El procedimiento de la reivindicación 2 además comprende el paso de la determinación de un diámetro del hueso de la imagen (10) entre dos superficies externas opuestas del hueso de la imagen en relación con el cuerpo de referencia en una segunda imagen de rayos X del hueso, donde las direcciones de escaneo de la primera y la segunda imagen de rayos X difieren entre sí.

8. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el tornillo óseo (30) es un tornillo de bloqueo adaptado para ser insertado a través de un orificio lateral de un clavo óseo (20).

9. Un dispositivo para identificar la longitud de un tornillo óseo (30) a insertar a través de un orificio perforado en una dirección de perforación predeterminada en una posición predeterminada a través de un hueso (10), el dispositivo está caracterizado por comprender un procesamiento adaptado para:

- identificar la dirección y posición predeterminadas en el hueso en una imagen de rayos X, donde la posición predeterminada del hueso (10) se identifica midiendo las distancias entre el orificio y la superficie externa del hueso de la imagen (i) en una dirección axial del hueso y (ii) en una dirección perpendicular a la dirección axial del hueso;
- transferir la dirección y la posición identificadas a un modelo óseo correspondiente (50); y
- determinar la longitud del tornillo óseo (30) en base a la dirección y posición transferida en el modelo óseo.

10. El dispositivo de la reivindicación 9, comprende además una base de datos (600) para almacenar al menos un modelo óseo (50).

11. El dispositivo de la reivindicación 9, donde la unidad de procesamiento (100) se adapta adicionalmente para adaptar el modelo óseo (50) para que se corresponda con el hueso de la imagen

(10).

12. El dispositivo de la reivindicación 9 también incluye una unidad de imagen para generar la imagen de rayos X (200).

13. Un software informático que, cuando se ejecuta un software de computación en una unidad de procesamiento del dispositivo de la reivindicación 9, hace que el dispositivo lleve a cabo los pasos del procedimiento de la reivindicación 1.

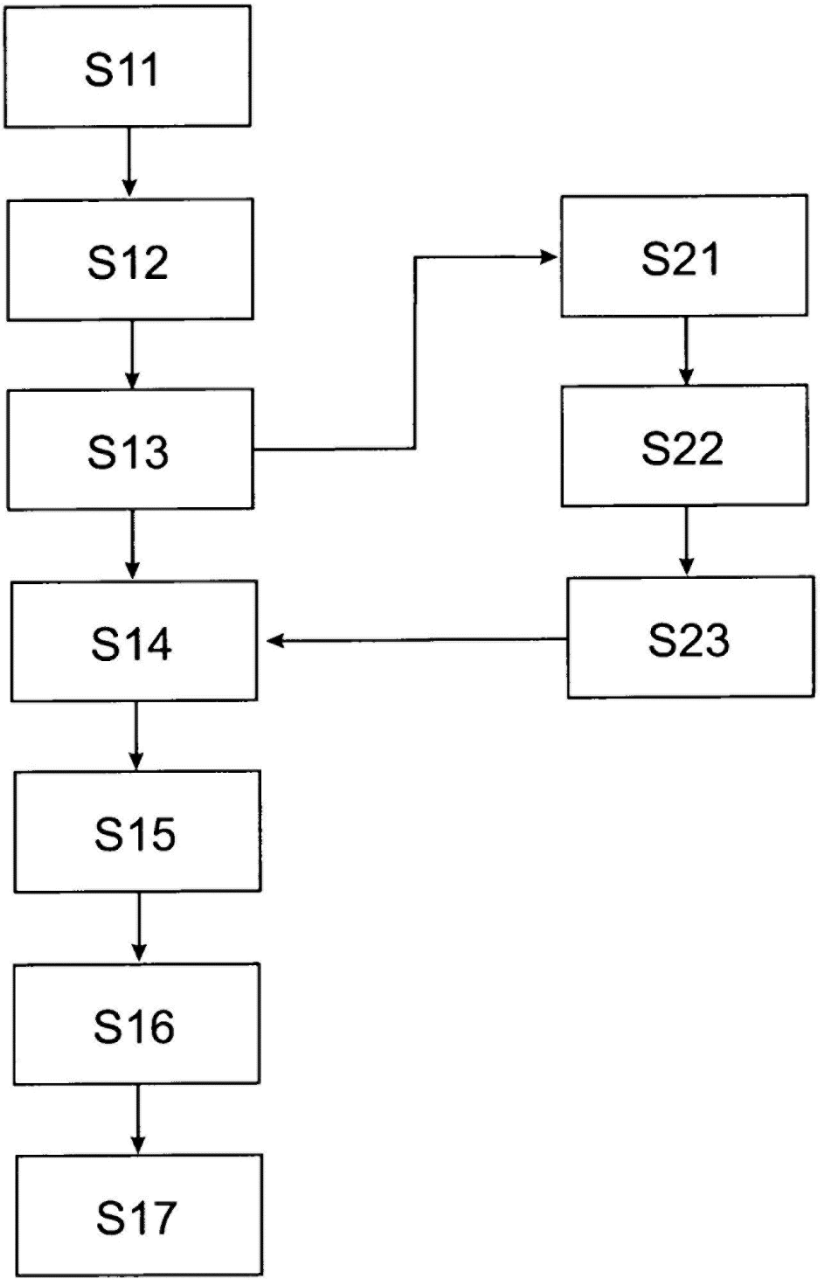

Fig. 1

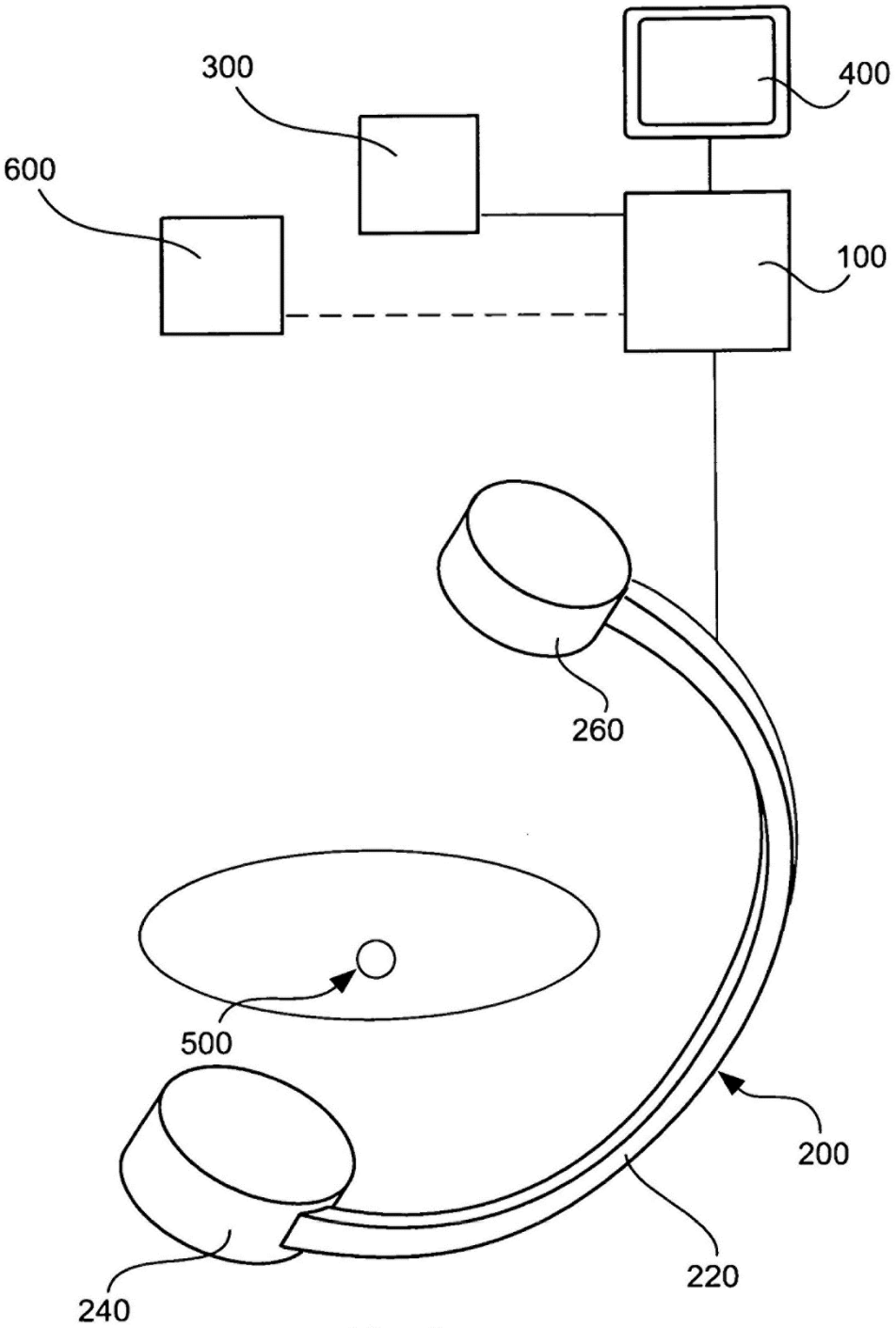

Fig. 2

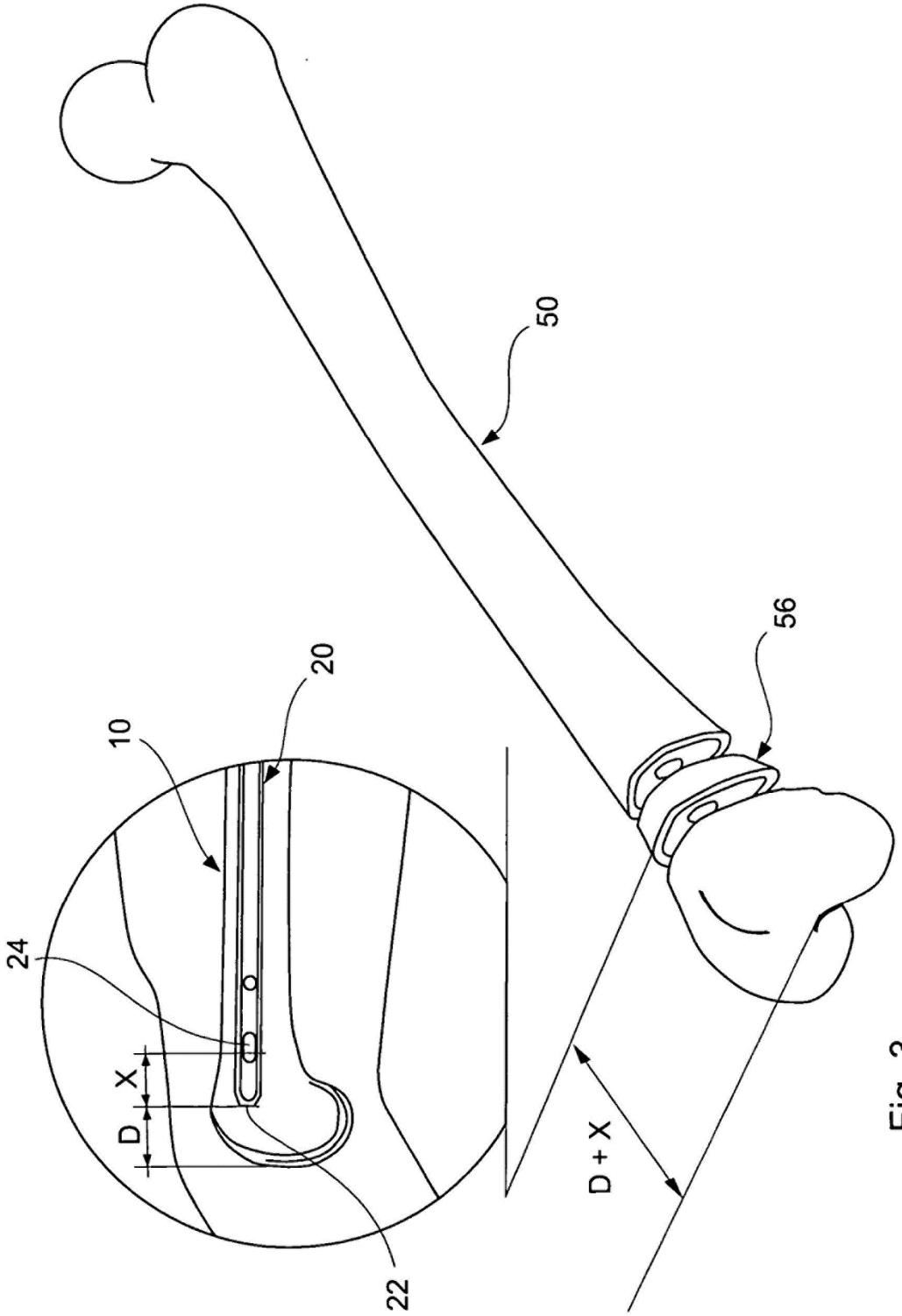

Fig. 3

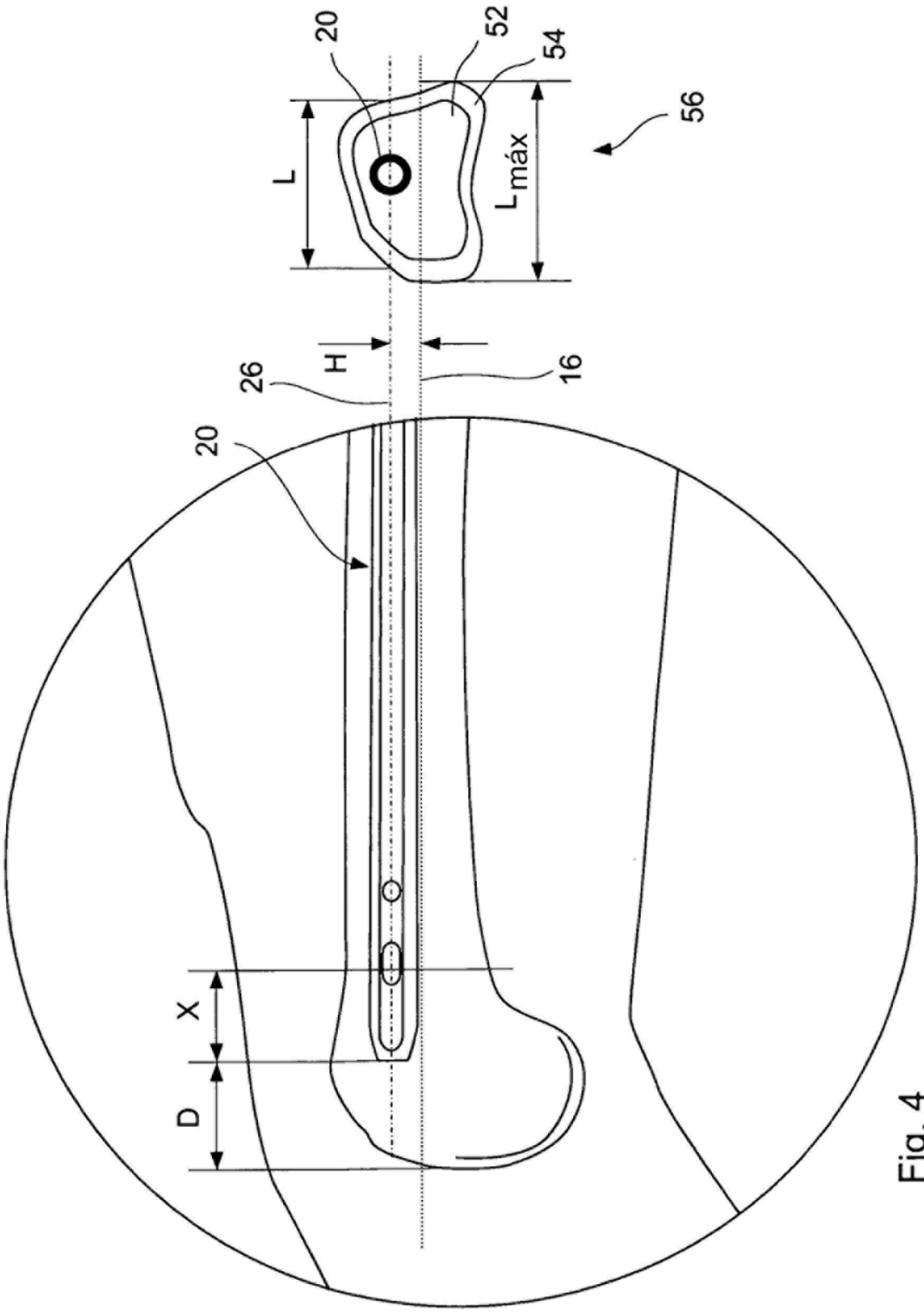

Fig. 4

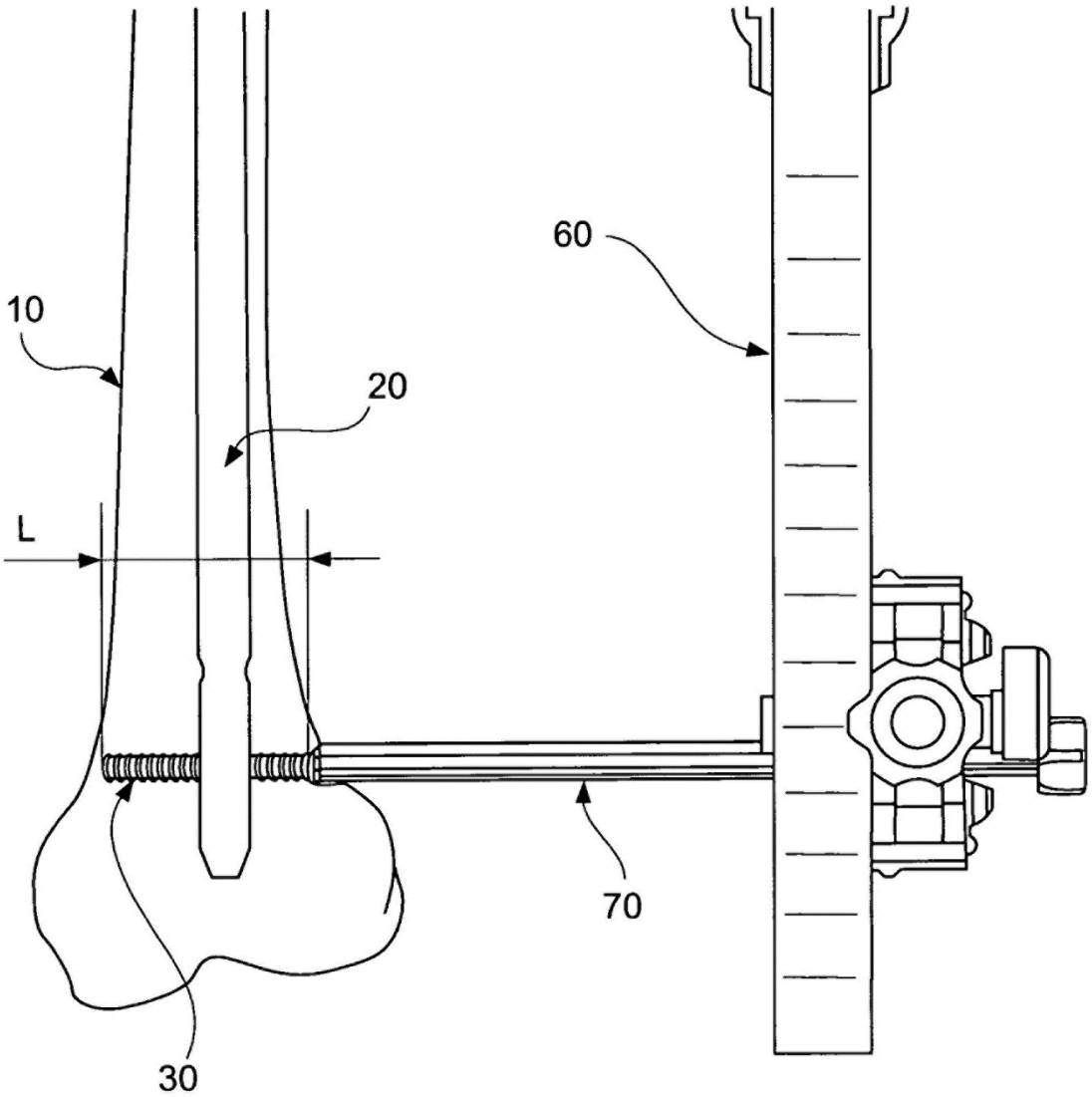

Fig. 5