

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 988**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2007.01)

G06T 7/30 (2007.01)

G06T 7/70 (2007.01)

G06T 19/00 (2011.01)

G06T 19/20 (2011.01)

A61B 34/10 (2006.01)

A61B 90/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2012 E 12169104 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 2667352**

54 Título: **Superposición virtual en 3D como ayuda de reducción para fracturas complejas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.08.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SIMON, BERND y
BLAU, ARNO

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 776 988 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

Superposición virtual en 3D como ayuda de reducción para fracturas complejas

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de cirugía asistida por ordenador. En particular, la invención se refiere a un método y un dispositivo para ayudar a la reducción de fracturas complejas. El método puede implementarse como un programa informático ejecutable en una unidad de procesamiento del dispositivo, de acuerdo con la invención.

10

Antecedentes de la invención

Habitualmente, una fractura ósea se trata sin abrir el tejido que rodea el hueso fracturado. En muchos casos, es posible recolocar los fragmentos de un hueso aplicando una fuerza en la superficie externa del tejido circundante, es decir, empujando una parte de, por ejemplo, una pierna o un brazo. Sin embargo, en caso de fracturas complejas, una colocación apropiada de, en particular, fragmentos más pequeños es difícil. Además, puede ocurrir que una posición y orientación de un primer fragmento óseo con respecto a un segundo fragmento óseo, con fragmentos adicionales entre ellos, no sea anatómicamente correcta, los fragmentos pueden desplazarse o inclinarse unos respecto a otros.

15

20 Sumario de la invención

Puede verse como un objetivo proporcionar un método y un dispositivo para ayudar a una recolocación de fragmentos de una fractura compleja. Esto se logra mediante el objeto de cada una de las reivindicaciones independientes, que definen la invención.

25

Se describen realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes respectivas.

Hablando en términos generales, el enfoque para ayudar a la reducción de fracturas complejas comprende las etapas de recibir una imagen radiográfica de un hueso fracturado que tiene una pluralidad de fragmentos óseos, identificar aspectos estructurales de al menos uno de los fragmentos óseos, adaptar un modelo óseo virtual al hueso radiografiado basándose en los aspectos estructurales identificados, y generar una superposición del modelo óseo virtual sobre la imagen radiográfica, con el modelo óseo virtual alineado con los aspectos estructurales identificados.

30

Cualquier hueso de un cuerpo humano o animal, en particular un hueso largo de las extremidades inferiores, como el fémur y la tibia, y de las extremidades superiores, como el húmero, puede estar sujeto a un método como se describe en el presente documento. Es decir, por medio de una superposición de un modelo óseo correspondiente sobre una imagen de cualquier hueso fracturado, se puede proporcionar asistencia durante el intento de recolocar fragmentos del hueso fracturado, en particular en el caso de una fractura compleja.

35

Como se usa en el presente documento, la expresión "modelo óseo" abarca, por ejemplo, un modelo en 3D de un hueso. El modelo óseo puede generarse basándose en al menos un escaneo en 3D de al menos un hueso real del mismo tipo, por ejemplo, un fémur o húmero, y/o formando un promedio a partir de una pluralidad de escaneos en 3D. Además, la expresión "modelo óseo" también abarca un modelo en 2D de un hueso que puede generarse mediante una proyección de un modelo en 3D o basándose en una o más imágenes de proyección en 2D. Una utilización ejemplar de modelos óseos se describe en "Evidence based development of a novel lateral fibula plate (VariAX Fibula) using a real CT bone data based optimization process during device development" de A.P. Schulz et al. (The Open Orthopaedics Journal, 2012, 6, 1-7), cuyo contenido se incorpora en el presente documento por referencia.

40

45

Por consiguiente, el enfoque puede comprender además la etapa de seleccionar un modelo óseo de un grupo de modelos óseos con diferentes tamaños y formas, correspondiendo el modelo óseo seleccionado al hueso radiografiado. El grupo de modelos óseos puede almacenarse en una base de datos. Además, el grupo de modelos óseos puede ser una selección de imágenes generadas previamente, cada una de otra persona, en las que las personas pueden diferir en tamaño, peso y edad. Por lo tanto, la base de datos puede contener varios modelos de cada hueso (por ejemplo, tibia, fémur, húmero), incluyendo modelos óseos de diferentes edades, géneros y tamaños individuales. El software usa datos de imágenes en escala de grises para determinar al menos una dimensión de la radiografía (imagen en 2D) de un segmento óseo y busca en la base de datos un modelo óseo de una persona de la misma edad, sexo y tamaño, por ejemplo, que tenga una aproximación idéntica o al menos cercana a la al menos una dimensión del hueso a tratar. Cuando se determina una coincidencia, se selecciona un modelo tridimensional del hueso coincidente en la base de datos y se utiliza como un modelo óseo en 3D correspondiente del hueso a tratar.

50

55

60

Además, el enfoque puede comprender además la etapa de adaptar un modelo óseo de modo que el modelo óseo corresponda al hueso radiografiado. 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 en 2D o en 3D generadas previamente. Para adaptar el modelo óseo al hueso radiografiado, se puede aumentar o disminuir sustancialmente el tamaño del modelo óseo para que se ajuste al tamaño del hueso según se midió en la imagen.

65

5 Como se usa en el presente documento, la expresión "aspecto estructural" se refiere a cualquier cosa en un hueso que pueda identificarse, es decir, un punto, una línea, un arco, un punto central, un eje, una superficie cilíndrica, una superficie esférica o similares. Por ejemplo, un aspecto estructural de un fémur puede ser la superficie externa de la cabeza del fémur, un eje definido por el cuello entre la diáfisis y la cabeza del fémur, un eje longitudinal de la diáfisis del fémur, el punto más distal en la superficie del hueso, una línea definido por los puntos centrales de los cóndilos, o una línea definida por los puntos más posteriores en los cóndilos. Se entenderá que otros huesos proporcionan aspectos estructurales adecuados diferentes y/o comparables.

10 Como se usa en el presente documento, la expresión "aspecto estructural" también puede abarcar cualquier característica de un implante que ya esté insertado en un hueso o al menos conectado de forma fija a un hueso, siendo dicha característica adecuada para determinar un aspecto estructural como se mencionó anteriormente.

15 De acuerdo con una realización, al menos uno de los aspectos estructurales está asociado con un cuerpo de referencia, en el que el cuerpo de referencia puede adaptarse para conectarse de manera fija al hueso.

20 Como se usa en el presente documento, cada una de las expresiones "conectado de forma fija", "acoplado de forma fija" y "unido de forma fija" o similares, abarca una conexión directa así como indirecta de un elemento a otro elemento. Por ejemplo, un cuerpo de referencia se puede unir directamente a un implante o se puede acoplar indirectamente a un implante. Por otro lado, un cuerpo de referencia que está integrado en un implante, es decir, que puede considerarse como conectado de forma fija al implante, puede considerarse como un acoplamiento indirecto a un hueso, es decir, a través del implante.

25 Un implante que está adaptado para ser fijado a o en un hueso puede comprender elementos que pueden identificarse en una imagen del hueso o al menos en una sección del hueso de modo que se pueda determinar una ubicación y/u orientación del implante basándose en los elementos identificados. Por ejemplo, los elementos pueden definir puntos de modo que dos elementos puedan definir una línea o un eje, o los elementos pueden definir un contorno de modo que se pueda determinar un eje central.

30 De acuerdo con una realización, la etapa de identificar aspectos estructurales se realiza automáticamente, por ejemplo, basándose en datos de imagen en escala de grises.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un monitor para visualizar la superposición generada de un modelo óseo sobre un hueso radiografiado.

35 De acuerdo con una realización adicional, el método no incluye la etapa de introducir un cuerpo de referencia o un implante con elementos de referencia en un cuerpo humano o animal, y/o la etapa de poner un cuerpo de referencia o un implante con elementos de referencia en contacto con una superficie ósea, y/o la etapa de unir un cuerpo de referencia o un implante con elementos de referencia en un fragmento óseo.

40 De acuerdo con otra realización, se proporciona un dispositivo para ayudar a la reducción de fracturas complejas que comprende una unidad de procesamiento adaptada para realizar las etapas descritas anteriormente.

45 Cabe destacar, que la unidad de procesamiento se puede lograr únicamente mediante un procesador que realiza todas las etapas del método, o mediante un grupo o pluralidad de procesadores, por ejemplo, un procesador del sistema para procesar los datos de imagen, un procesador diferente especializado en una determinación de aspectos estructurales, y un procesador adicional para controlar un monitor para visualizar el resultado.

50 De acuerdo con una realización, la unidad de procesamiento está adaptada además para realizar automáticamente las etapas de identificar aspectos estructurales de un fragmento óseo y/o adaptar un modelo óseo virtual al hueso radiografiado.

55 De acuerdo con otra realización más, el dispositivo comprende además medios de entrada para identificar manualmente el aspecto estructural de un fragmento óseo y/o para adaptar un modelo óseo virtual al hueso radiografiado.

Se entenderá que también una combinación de etapas realizadas automáticamente y etapas realizadas manualmente también puede ser adecuada para lograr un resultado apropiado.

60 De acuerdo con otra realización, el dispositivo comprende medios de almacenamiento que proporcionan una base de datos. Se entenderá, que dicho medio de almacenamiento también se pueden proporcionar en una red a la que el dispositivo puede estar conectado y la información relacionada con el modelo óseo, es decir, diferentes tipos de modelos y parámetros de los mismos, pueden recibirse en esa red.

65 De acuerdo con una realización, el dispositivo comprende además una unidad de imágenes para proporcionar datos de imagen de proyección en 2D de al menos una sección del hueso. La unidad de imágenes puede ser capaz de generar imágenes desde diferentes direcciones. Por consiguiente, la unidad de imágenes del dispositivo puede

adaptarse para proporcionar también datos de imagen en 3D de al menos una sección del hueso.

De acuerdo con otra realización más, la unidad de procesamiento del dispositivo está adaptada adicionalmente para identificar un cuerpo de referencia en una imagen de proyección y adaptada para determinar una posición y orientación en 3D del cuerpo de referencia.

De acuerdo con una realización adicional, el dispositivo comprende además un cuerpo de referencia que incluye una disposición de elementos que permite una reconstrucción de una orientación en 3D del cuerpo de referencia basándose en una única imagen de proyección en 2D.

El dispositivo puede comprender además medios de entrada para identificar manualmente aspectos estructurales de un hueso en una imagen. Dicho dispositivo de entrada puede ser, por ejemplo, un teclado de ordenador, un ratón de ordenador, una pantalla táctil o un dispositivo de control por voz.

De acuerdo con una realización adicional, se proporciona un software informático que incluye conjuntos de instrucciones que, cuando se ejecutan en un dispositivo apropiado, como por ejemplo un dispositivo con las características descritas anteriormente, hacen que el dispositivo realice al menos las etapas del método como se describió anteriormente.

Un programa informático correspondiente se carga, preferentemente, en una memoria de trabajo de un procesador de datos. El procesador de datos o la unidad de procesamiento está equipado, por tanto, para llevar a cabo uno de los métodos descritos. Además, la invención se refiere a un medio legible por ordenador tal como un CD-ROM en que puede estar almacenado el programa informático. Sin embargo, el programa informático también puede presentarse sobre una red como la Red Mundial (World Wide Web) y puede descargarse en la memoria de trabajo del procesador de datos desde dicha red.

Cabe destacar que la invención no comprende un método sino solo un programa informático y un dispositivo para ejecutar el programa informático como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Los aspectos definidos anteriormente y aspectos, características y ventajas adicionales también pueden derivarse de los ejemplos de las realizaciones que se describirán más adelante y se explican con referencia a ejemplos de realizaciones también mostradas en las figuras, pero a las que no se limita la invención, estando la invención limitada únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de las etapas realizadas de acuerdo con una realización.

La figura 2 muestra una ilustración esquemática de un sistema de acuerdo con una realización.

La figura 3 muestra una ilustración ejemplar de un fémur fracturado en una dirección anterior a posterior junto con un modelo óseo como una superposición.

La figura 4 muestra el fémur fracturado de la figura 3 después de una recolocación de los fragmentos óseos.

La figura 5 muestra una ilustración del fémur fracturado en una dirección lateral a medial junto con un modelo óseo como una superposición.

La figura 6 muestra el fémur fracturado de la figura 5 después de una recolocación de los fragmentos óseos.

A lo largo de todos los dibujos, los mismos números de referencia y caracteres, salvo que se indiquen de otro modo, se usan para indicar características, elementos, componente o partes similares de las realizaciones ilustradas. Asimismo, aunque la presente divulgación se describirá ahora en detalle con referencia a las figuras, esto se hace en relación con las realizaciones ilustrativas y no se limita por las realizaciones particulares ilustradas en las figuras.

Descripción detallada de las realizaciones

El diagrama de flujo de la figura 1 ilustra el principio de las etapas realizadas de acuerdo con una realización de un método. Se entenderá que las etapas descritas, son etapas principales, en las que estas etapas principales podrían diferenciarse o dividirse en varias subetapas. Además, también podría haber subetapas entre estas etapas principales.

De acuerdo con un método, en la etapa S1, se recibe una imagen radiográfica de al menos una parte de un hueso, en el que la imagen radiográfica incluye una pluralidad de fragmentos óseos.

Como se usa en el presente documento, la expresión "recibir una imagen" se refiere básicamente al hecho de que al menos una imagen es necesaria para realizar las etapas posteriores. Es decir, la expresión "recibir una imagen" puede

abarcando también una carga de una imagen desde una memoria de datos a una unidad de procesamiento. No es necesario generar una nueva imagen para recibir una imagen. Por consiguiente, la imagen recibida en la etapa S1, puede ser cualquier imagen adecuada para identificar, por ejemplo, un eje longitudinal de un hueso u otra característica del hueso, es decir, una imagen en 3D o una imagen en 2D de al menos la sección respectiva del hueso, en la que la imagen en 2D también puede mostrar un cuerpo de referencia.

En la etapa S2, se identifica al menos un aspecto estructural en el hueso radiografiado. Es decir, en uno de los fragmentos óseos que se muestran en la imagen radiográfica, se identifica un aspecto estructural. Por ejemplo, puede identificarse la superficie externa de un elemento de articulación ósea en uno de los extremos de un hueso o un eje longitudinal de una diáfisis ósea (manual o automáticamente).

Se entenderá, que la etapa S2 se puede realizar varias veces, en caso de que sea necesario identificar más de un aspecto estructural en uno o más de un fragmento óseo. Por ejemplo, se puede identificar un eje longitudinal en un primer fragmento óseo y un eje longitudinal en un segundo fragmento óseo. Esta repetición de la etapa S2 se indica mediante el bucle de flecha en la etapa S2 en la figura 1.

En la etapa S3, que puede ser una etapa opcional, se identifica un cuerpo de referencia, en el que el cuerpo de referencia puede estar asociado a uno de los fragmentos óseos. Por ejemplo, un cuerpo de referencia puede estar formado por una pluralidad de elementos radiopacos que están provistos de una posición en 3D predeterminada unos con respecto a otros. Dichos elementos pueden estar dispuestos junto a o en un implante, en el que el implante puede adaptarse para conectarse de manera fija a uno de los fragmentos óseos.

En la etapa S4, se reciben datos de un modelo óseo virtual y el modelo óseo virtual se adapta al hueso radiografiado, si fuera necesario.

En la etapa S5, el modelo óseo virtual se hace coincidir exactamente con el hueso radiografiado de modo que las características correspondientes del hueso radiografiado y el modelo óseo se puedan mostrar como una superposición.

Las subetapas de S5 pueden ser que una primera característica del modelo óseo se haga coincidir exactamente con la característica correspondiente de un primer fragmento del hueso radiografiado, y que posteriormente una segunda característica del modelo óseo se haga coincidir exactamente lo más cerca posible de la característica correspondiente de un segundo fragmento del hueso. Se entenderá que, en caso de una fractura compleja, los fragmentos de un hueso fracturado pueden colocarse y orientarse entre sí de una manera no natural, de modo que se puede esperar que el modelo óseo tenga que visualizarse sobre hueso radiografiado con una desviación con respecto a los aspectos estructurales identificados.

En la etapa S6, la superposición del hueso radiografiado y el modelo óseo se muestra en un monitor. Como se indica mediante la flecha de la etapa S6 a la etapa S1, el método puede repetirse, por ejemplo, basándose en una imagen radiográfica generada desde otra dirección.

La figura 2 muestra una realización ejemplar de un dispositivo. Sustancialmente, necesaria para realizar las etapas de acuerdo con el método, una unidad de procesamiento 100 junto con un monitor 400 es parte del dispositivo.

Un dispositivo de imágenes ejemplar 200 incluye una fuente de rayos X 240 y un detector de rayos X 260, en el que estos dos dispositivos se montan en un arco 220. Se entenderá que el dispositivo también puede comprender una modalidad de imágenes no invasiva como un dispositivo de tomografía informatizada, un dispositivo de resonancia magnética o un dispositivo de ultrasonidos como dispositivo de imágenes en lugar de o además del dispositivo de rayos X basado en arco mostrado.

Además, el sistema en la figura 2 incluye un dispositivo de entrada 300, por medio del cual, por ejemplo, se puede realizar una determinación manual de una característica ósea. También se muestra una conexión 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, se puede ubicar un hueso de un paciente que se somete al método de acuerdo con una realización.

Las figuras 3 a 6 muestran ilustraciones esquemáticas de imágenes ejemplares que pueden lograrse mediante el método y/o el dispositivo. Las figuras muestran los contornos de las estructuras anatómicas, en particular del hueso de la cadera y el hueso de la parte superior de la pierna, es decir, un fémur. En el ejemplo mostrado, el fémur está fracturado en el extremo superior de la diáfisis del fémur y en el cuello del fémur. El fémur comprende cuatro fragmentos, en concreto, un fragmento 10 que incluye la cabeza del fémur, un fragmento 13 que incluye la diáfisis del fémur y dos fragmentos 11 y 12 formados por partes intermedias del fémur. Una fractura F1 se extiende a través del cuello del fémur entre los fragmentos 10 y 11, una fractura F2 se extiende entre los fragmentos 11 y 12, y una fractura F3 se extiende a través de la diáfisis del fémur entre los fragmentos 12 y 13.

La figura 3 es una imagen generada en una dirección anterior a posterior, es decir, desde arriba (suponiendo que el paciente está acostado sobre su espalda). La figura 3 ilustra una situación antes de una recolocación de cualquiera de los fragmentos óseos.

5 Como se puede observar, un modelo óseo 30 del fémur se introduce en la imagen, el modelo óseo se ilustra en líneas de puntos. Se entenderá que un modelo óseo también puede mostrarse coloreado y/o como una visualización tridimensional. Además, el modelo óseo puede ilustrarse al menos hasta cierto punto transparente.

10 En la figura 3, el modelo óseo 30 se coloca de modo que el punto central 31 de la cabeza del fémur del modelo óseo 30 esté en la posición del punto central 21 de la cabeza del fémur radiografiado. Cabe destacar que este punto es un punto de anclaje apropiado para el modelo óseo, siempre que la cabeza del fémur esté acomodada además en la estructura articular del hueso de la cadera (acetábulo). El punto central 21, 31 de la cabeza del fémur del hueso radiografiado, así como del modelo óseo, puede determinarse en función de la línea de contorno externo de la cabeza del fémur que forma un círculo o una esfera alrededor del punto central.

15 Como otro aspecto estructural, se determina el eje longitudinal 22 del fragmento óseo 13 con la diáfisis del fémur. Este aspecto estructural se usa como un segundo aspecto para hacer coincidir exactamente el modelo óseo más o menos sobre los fragmentos óseos radiografiados. Suponiendo que el fragmento 13 se disloca debido a la fractura compleja, el eje longitudinal 32 del modelo óseo 30 puede desviarse del eje longitudinal 22 del fragmento óseo 13, es decir, el eje longitudinal 32 del modelo óseo 30 puede estar inclinado con respecto al eje 22 del fragmento óseo 13, como se muestra en la figura 3.

20 Basándose en dicha imagen, un médico puede ver fácilmente en qué dirección y hasta qué punto se debe empujar cada uno de los fragmentos para que estén en una posición anatómicamente correcta. En este caso, el fragmento 10 se debe hacer pivotar alrededor del punto central 21 (como se indica mediante la flecha A1), el fragmento 11 se debe empujar en una dirección hacia medial y distal (como se indica mediante la flecha A2), el fragmento 12 se debe empujar de manera similar al fragmento 11 (como se indica mediante la flecha A3), y el fragmento 13 se debe empujar más o menos en una dirección medial (como se indica mediante la flecha A4). Cabe destacar que la unidad de procesamiento puede adaptarse además para indicar automáticamente en una imagen las direcciones y distancias para la recolocación de los fragmentos óseos respectivos para que se ajusten a las partes correspondientes del modelo óseo.

25 Además, se muestra un cuerpo de referencia 60 en la figura 3, en el que el cuerpo de referencia está conectado de forma fija al fragmento óseo 11. El cuerpo de referencia 60 comprende elementos de referencia 64, en los que la posición y, en particular, la orientación en 3D del cuerpo de referencia 60 se pueden determinar basándose en una única imagen de proyección en 2D, debido a la distribución característica de los elementos de referencia 64. Por medio del cuerpo de referencia 60, un médico puede tener la posibilidad adicional de sujetar o mover el fragmento 11 al que está unido el cuerpo de referencia. Una ventaja adicional de dicho cuerpo de referencia es que la parte del cuerpo humano que incluye la fractura compleja puede determinarse automáticamente.

30 Después de recolocar los fragmentos al menos en un plano horizontal (suponiendo además que la imagen se genera en una dirección vertical), se puede generar una imagen para controlar los resultados de la recolocación. Esta imagen puede ser como se muestra en la figura 4.

35 Como se puede observar en la figura 4, los fragmentos óseos 10, 11, 12, 13 se colocan unos con respecto a otros para que el fémur se ajuste al contorno del modelo óseo 30 que se muestra como una superposición sobre el hueso radiografiado. En esta situación, no solo el primer aspecto estructural (punto central de la cabeza del fémur) del hueso radiografiado y el modelo óseo son congruentes, sino también el segundo aspecto estructural (eje longitudinal de la diáfisis) del hueso radiografiado y el modelo óseo son congruentes entre sí.

40 Sin embargo, las imágenes de las figuras 3 y 4 no tienen en cuenta un desplazamiento vertical de ninguno de los fragmentos con respecto a los otros fragmentos, es decir, si uno u otro fragmento se desplaza en una dirección anterior a posterior.

45 Para mejorar los resultados del método asistido por ordenador, se debe proporcionar una imagen adicional generada desde una dirección diferente. Aunque puede ser posible cualquier otra dirección, sería preferente generar la imagen adicional desde una dirección lateral a medial, es decir, desde el costado del paciente, especialmente en un caso en el que las primeras imágenes se han generado en una dirección anterior a posterior.

50 La figura 5 muestra una imagen de un ejemplo en una situación en la que los fragmentos ya están recolocados en una dirección horizontal, pero están dislocados además en una dirección vertical. También aquí, se introduce un modelo óseo 30 como una superposición sobre el hueso radiografiado, el modelo óseo se ha colocado de modo que el punto central 31 de la cabeza del fémur del modelo óseo esté en la posición del punto central correspondiente 21 del hueso radiografiado, y de modo que el eje longitudinal 32 de la diáfisis del modelo óseo esté alineado, pero desplazado paralelo al eje longitudinal 22 de la diáfisis del hueso radiografiado.

55 Como se ilustra en la figura 5, el fragmento 10 que incluye la cabeza del fémur se pivota ligeramente lejos de la

orientación anatómica, los fragmentos 11 y 12 se desplazan en una dirección posterior, es decir, hacia atrás, el fragmento 13 se desplaza en una dirección anterior, es decir, hacia adelante. Por consiguiente, los fragmentos 10 y 13 deben empujarse en una dirección posterior (como se indica mediante las flechas A5 y A8) y los fragmentos 11 y 12 deben empujarse en una dirección opuesta, es decir, en una dirección anterior (como se indica mediante las flechas A6 y A7).

En la figura 6, se muestra una situación en la que los fragmentos 10, 11, 12, 13 se recolocan para ubicarse junto a o en el contorno del modelo óseo 30 que se visualiza como una superposición en líneas de puntos.

10 Como en las figuras anteriores, el cuerpo de referencia 60 se representa adicionalmente en las figuras 5 y 6.

Cabe destacar que las etapas S1 a S6 pueden repetirse desde una dirección adicional o nuevamente desde la primera dirección para controlar los resultados de la recolocación.

15 Aunque se han ilustrado y descrito en detalle realizaciones en los dibujos y la descripción anterior, dichas ilustraciones y descripciones tienen que considerarse ilustrativas o ejemplares y no restrictivas, la invención no se limita a las realizaciones desveladas sino a las reivindicaciones adjuntas.

20 Los expertos en la materia pueden entender y lograr otras variaciones de las realizaciones divulgadas en la práctica de la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, las palabras "que comprende" no excluyen otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un único procesador u otra unidad puede cumplir las funciones de varios artículos indicados en las reivindicaciones.

25 El mero hecho de que se mencionen determinadas medidas y reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse para sacar provecho. El programa informático puede almacenarse/distribuirse en un medio adecuado tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio en estado sólido suministrado junto con o como una parte de otro soporte físico, pero también puede distribuirse en otras formas, tal como mediante Internet u otros sistemas de telecomunicación por cable o inalámbricos. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance.

LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

10, 11, 12, 13	fragmento óseo
F1, F2, F3	fractura
21	centro de la cabeza del hueso radiografiado
22	eje longitudinal de la diáfisis del hueso radiografiado
30	modelo óseo
31	centro de la cabeza del modelo óseo
32	eje longitudinal de la diáfisis del modelo óseo
60	cuerpo de referencia
64	elemento de referencia
100	medio de procesamiento
200	dispositivo de imágenes
220	arco
240	fuentes 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 programa informático para ayudar a un médico a realizar la reducción de fracturas complejas, comprendiendo el programa informático instrucciones que, cuando se ejecutan en una unidad de procesamiento (100) de un dispositivo, hacen que el dispositivo ejecute las etapas de:
- 5
- (S1) recibir una imagen radiográfica en 2D de un hueso fracturado que tiene una pluralidad de fragmentos óseos (10, 11, 12, 13), siendo dicha imagen radiográfica en 2D capturada desde una primera dirección,
- 10 (S2) identificar, manualmente a través de medios de entrada o automáticamente, un aspecto estructural (21, 22) de al menos uno de los fragmentos óseos en la primera imagen radiográfica en 2D,
- (S3) identificar un cuerpo de referencia (60) mostrado en la imagen radiográfica en 2D, en el que el cuerpo de referencia está formado por una pluralidad de elementos radiopacos que están provistos de una posición en 3D predeterminada unos respecto a otros de modo que la orientación en 3D del cuerpo de referencia (60) se determina basándose en una única imagen de proyección en 2D, y en el que el médico tiene la posibilidad de sujetar o mover un fragmento óseo por medio del cuerpo de referencia (60),
- 15 (S4) adaptar, basándose en el aspecto estructural identificado, un modelo óseo virtual (30) a partir de una base de datos al hueso fracturado radiografiado, con el modelo óseo virtual representando un hueso real del mismo tipo sin fracturas,
- (S5, S6) generar y mostrar una superposición del modelo óseo virtual (30) sobre la imagen radiográfica en 2D, con el modelo óseo virtual alineado con el aspecto estructural identificado (21, 22), e indicar automáticamente, en la imagen mostrada, las direcciones y distancias para la recolocación manual de los fragmentos óseos respectivos por medio de dicho cuerpo de referencia de modo que se ajusten al contorno del modelo óseo, repetir las etapas anteriores (S1 a S6) desde otra dirección, o nuevamente desde la primera dirección para controlar los resultados de la recolocación.
- 20
- 25 2. El programa de la reivindicación 1, en el que la identificación de aspectos estructurales (21, 22) se realiza automáticamente.
3. El programa de la reivindicación 1 o 2, en el que al menos uno de los aspectos estructurales (22) es un eje longitudinal del hueso radiografiado.
- 30 4. El programa de la reivindicación 1 o 2, en el que al menos uno de los aspectos estructurales (21) es un aspecto de una articulación del hueso radiografiado.
- 35 5. El programa de la reivindicación 1 o 2, en el que al menos uno de los aspectos estructurales está asociado con un cuerpo de referencia (60).
6. El programa de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de visualizar la superposición generada en un monitor (400).
- 40 7. Un dispositivo para ayudar a la reducción de fracturas complejas, que comprende: una unidad de procesamiento (100) adaptada para ejecutar el programa de acuerdo con la reivindicación 1.
- 45 8. El dispositivo de la reivindicación 7, que comprende además medios de entrada (300) para identificar manualmente el aspecto estructural (21, 22) de un fragmento óseo (10, 11, 12, 13) y/o para adaptar un modelo óseo virtual (30) al hueso radiografiado.
9. El dispositivo de la reivindicación 7, en el que la unidad de procesamiento (100) está adaptada además para realizar automáticamente las etapas de identificar aspectos estructurales (21, 22) de un fragmento óseo (10, 11, 12, 13) y/o adaptar un modelo óseo virtual (30) al hueso radiografiado.
- 50 10. El dispositivo de la reivindicación 7, que comprende además un dispositivo de imágenes (200) para generar una imagen de un hueso fracturado.
- 55 11. El dispositivo de la reivindicación 7, que comprende además un monitor (400) para visualizar la superposición del modelo óseo virtual (30) sobre la imagen radiográfica.
- 60 12. El dispositivo de la reivindicación 7, que comprende además un cuerpo de referencia adaptado para ser visible en una imagen del hueso fracturado para identificar un aspecto estructural de un fragmento óseo (10, 11, 12, 13), aspecto estructural al cual está asociado el cuerpo de referencia.

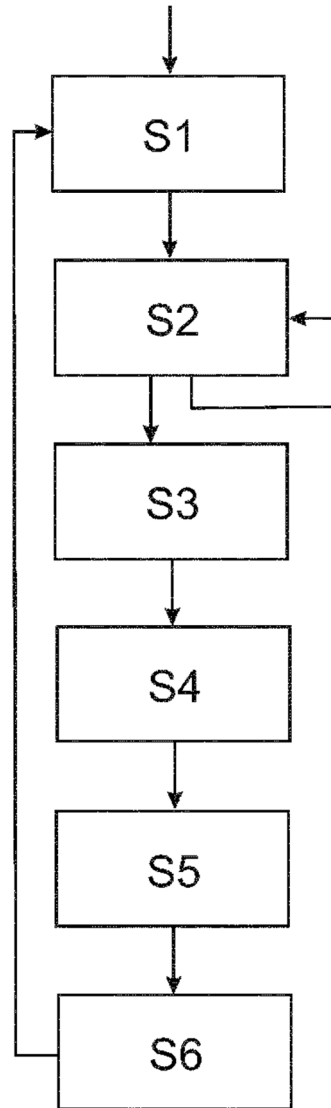


Fig. 1

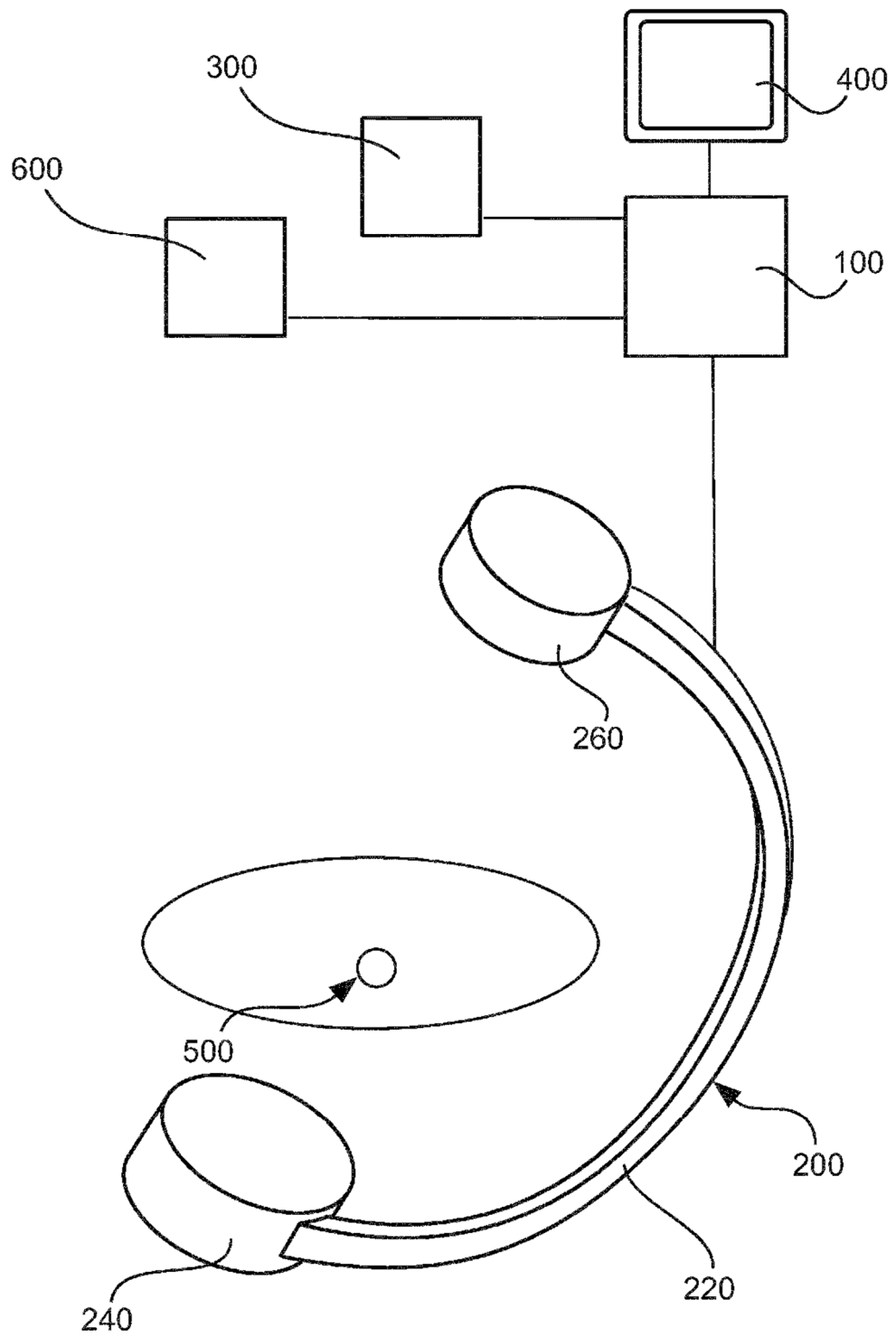


Fig. 2

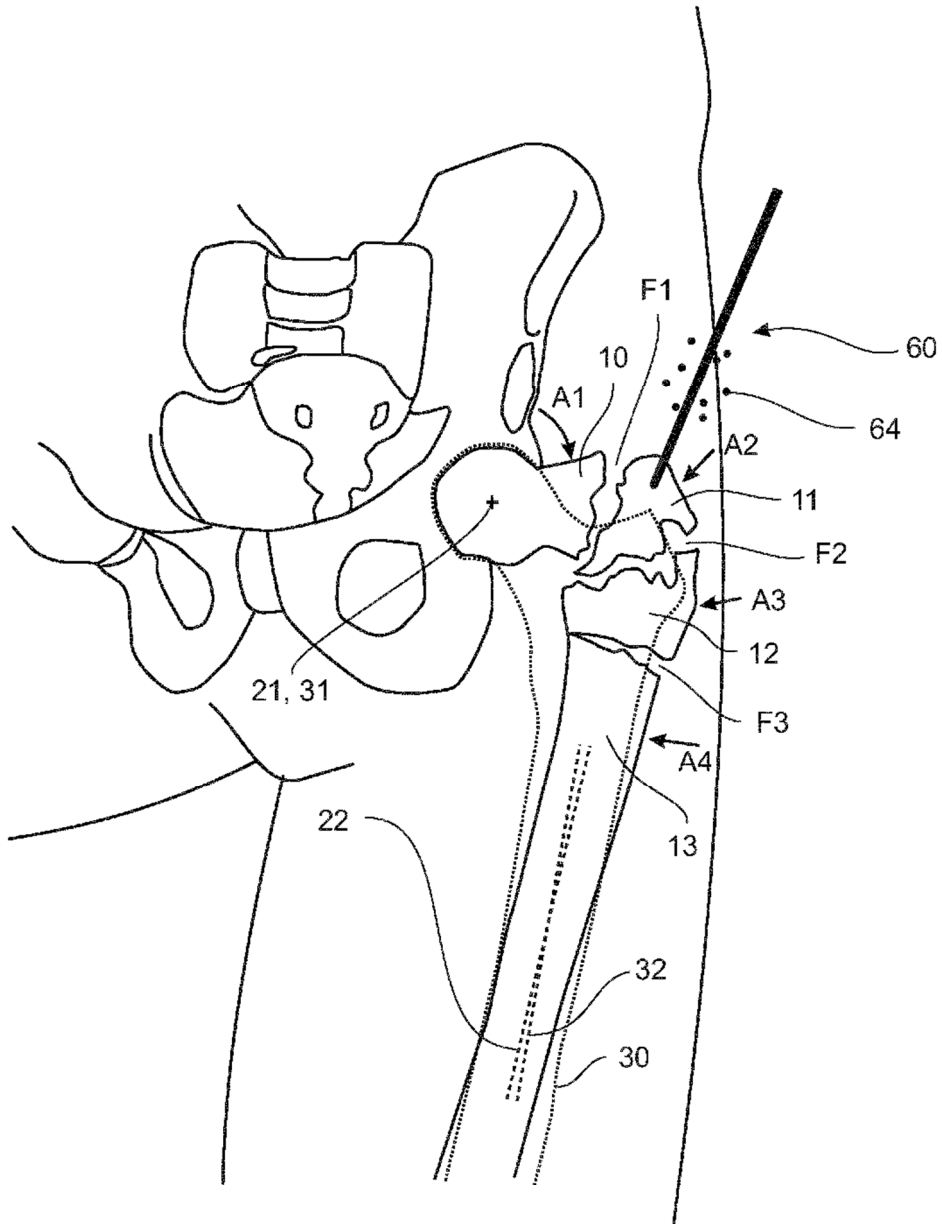


Fig. 3

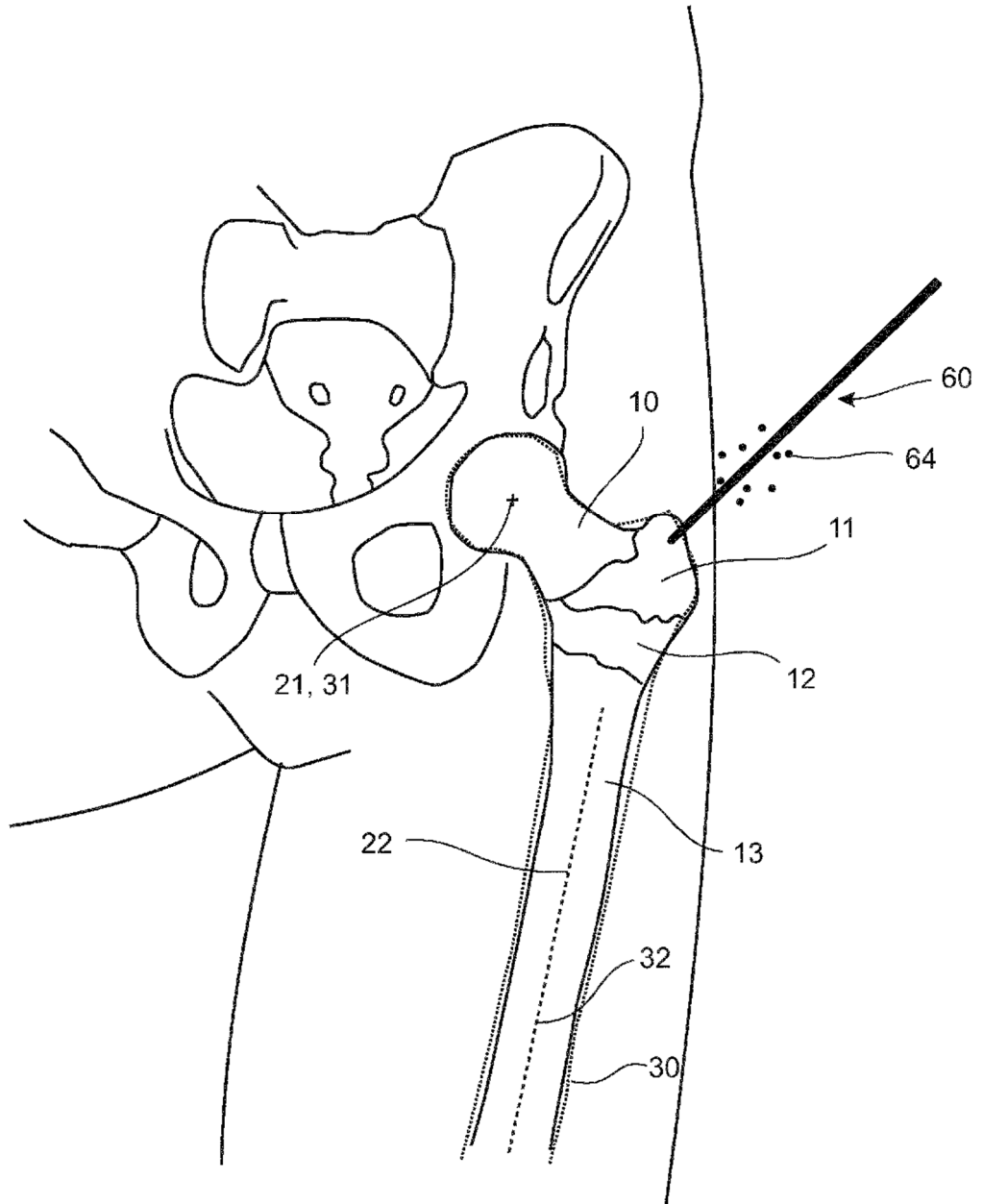


Fig. 4

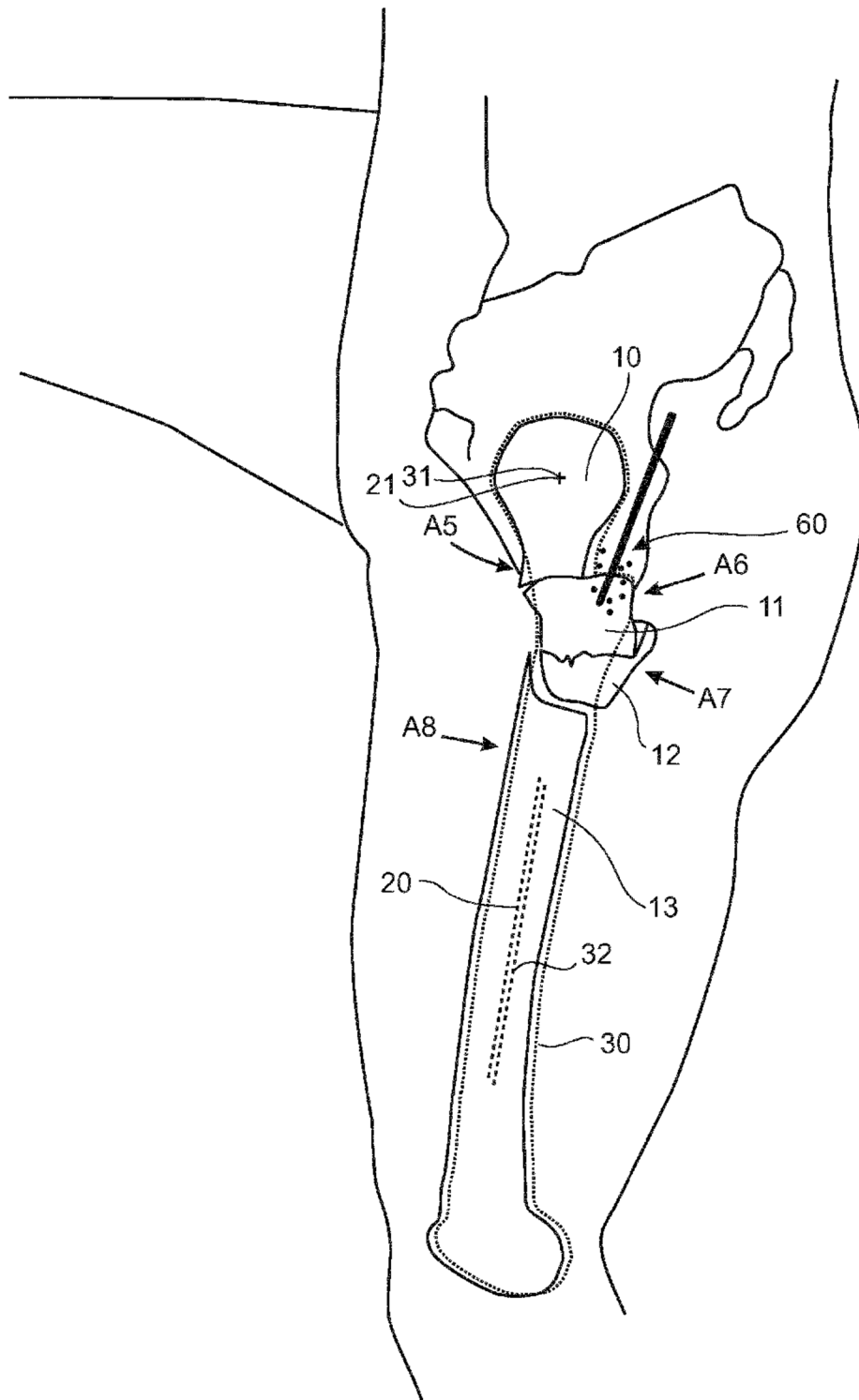


Fig. 5

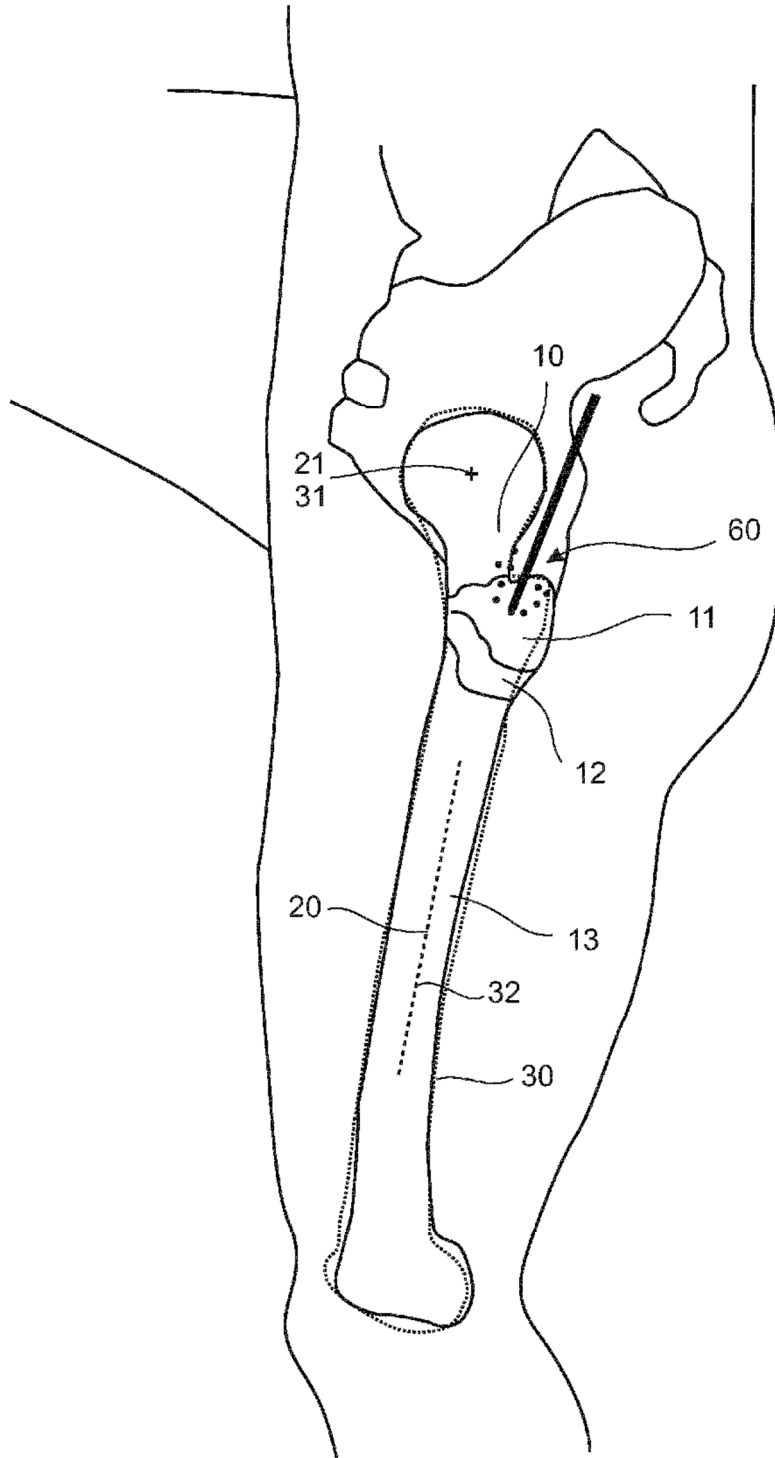


Fig. 6