

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 551**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/00** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2011 PCT/IB2011/000235**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2011 WO11098895**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2011 E 11711388 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2534641**

54 Título: **Método para obtener una reconstrucción tridimensional a partir de una o más vistas proyectivas, y uso de la misma**

30 Prioridad:

**12.02.2010 ES 201000192**

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

**13.05.2019**

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT POMPEU-FABRA (50.0%)  
Plaça de la Mercé, 10-12  
08002 Barcelona, ES y  
CETIR CENTRE MEDIC, S.A. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**HUMBERT, LUDOVIC;  
WHITMARSH, TRISTAN;  
DEL RIO BARQUERO, LUIS;  
DE CRAENE, MATHIEU y  
FRANGI CAREGNATO, ALEJANDRO, FEDERICO**

74 Agente/Representante:

**TORNER LASALLE, Elisabet**

**ES 2 712 551 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**

Método para obtener una reconstrucción tridimensional a partir de una o más vistas proyectivas, y uso de la misma

5 Sector de la técnica

La presente invención concierne, en un primer aspecto, a un método para obtener una reconstrucción tridimensional a partir de una o más vistas proyectivas, y más en particular a un método que comprende obtener una reconstrucción tridimensional de la forma y apariencia de dos o más objetos, así como información sobre relaciones espaciales relativas entre diferentes poses de dichos objetos.

10

Un segundo aspecto de la invención concierne a un uso de la reconstrucción tridimensional obtenida mediante el método propuesto por el primer aspecto para diagnosis.

15 Estado de la técnica anterior

Las vistas proyectivas (tales como las radiográficas obtenidas mediante rayos X, o imágenes DXA, de los términos "Dual-energy X Ray": Rayos X de energía dual, o mediante técnicas de Fluoroscopia) son utilizadas comúnmente en procedimientos rutinarios clínicos de diagnosis de diversas patologías (escoliosis, osteoporosis, etc.), y se encuentran asociadas con unas dosis de radiación bajas y un bajo coste financiero, además de encontrarse fácilmente disponibles en clínicas. Sin embargo, tales vistas o imágenes solamente proporcionan información bidimensional sobre las estructuras anatómicas de interés. Para un diagnóstico más preciso, se requiere de una representación tridimensional de la estructura anatómica y la cuantificación de la misma.

20

Tal análisis tridimensional puede ser obtenido mediante dispositivos de formación de imágenes volumétricas (escáner CT, MRI). Las imágenes volumétricas pueden proporcionar información tridimensional detallada sobre las estructuras anatómicas a ser analizadas. Sin embargo, estos dispositivos de formación de imágenes están asociados con unas dosis de radiación altas para el paciente, un coste financiero alto, y en general no se encuentran disponibles para diagnosis rutinarias de muchas patologías (seguimiento de escoliosis, de osteoporosis, etc.).

30

Para superar las limitaciones de ambos métodos (diagnosis a partir de vistas proyectivas o a partir de dispositivos de formación de imágenes volumétricas), son conocidos métodos de modelado tridimensional específicos para un sujeto, es decir personalizados, a partir de una o más vistas proyectivas.

35

Son conocidos métodos que, con el fin de obtener una reconstrucción tridimensional de un objeto o estructura, para un sujeto en particular, a partir de vistas proyectivas, utilizan información conocida a priori, en general de otros sujetos, sobre la estructura tridimensional a ser reconstruida.

40

La idea general de todos estos métodos es la de utilizar un modelo tridimensional (genérico o estadístico) de la estructura anatómica, incorporando información sobre la forma, y en algunos casos también información de dentro de la estructura anatómica (densidad ósea, propiedades de tejidos, etc.), denominada comúnmente como información de apariencia. Estos modelos pueden incorporar tal información para una o más estructuras anatómicas.

45

Para obtener una reconstrucción tridimensional a partir de vistas proyectivas, se conoce utilizar un método de registros 3D/2D con el objetivo de ajustar manualmente y/o automáticamente el modelo tridimensional para maximizar la semejanza entre unas proyecciones radiográficas simuladas generadas a partir del modelo tridimensional y las vistas proyectivas reales, es decir las obtenidas de la estructura anatómica del paciente que se pretende reconstruir.

50

En este campo, los mencionados métodos pueden agruparse en varias categorías, en función del tipo de información conocida a priori que se incluye en el modelo tridimensional, y del tipo de reconstrucción que se puede llevar a cabo. A continuación se indican los diferentes modelos tridimensionales conocidos en el estado de la técnica.

55 Modelos genéricos

Estos modelos representan la forma de una estructura anatómica y están contruidos a partir de una muestra o un conjunto de muestras de una estructura anatómica. Estos modelos fueron utilizados para conseguir una reconstrucción tridimensional de la forma de unas vértebras a partir de dos vistas proyectivas (Mitulescu, Skalli y otros, 2002; Le Bras, Mitton y otros, 2003; Kolta, Le Bras y otros, 2005). Sin embargo, estos modelos no incorporan ninguna información estadística sobre variaciones anatómicas en términos de forma y, consecuentemente, son difíciles de utilizar en un proceso de reconstrucción automático.

60

Modelos estadísticos de forma

Para superar la limitación mencionada asociada a los modelos genéricos, se han propuesto atlas de formas (Cootes, Taylor y otros, 1995). Tales modelos incorporan, de una base de datos de la estructura anatómica de interés (hueso, órgano, etc.) variaciones estadísticas en términos de forma. Estos métodos fueron utilizados para obtener reconstrucciones tridimensionales de formas (Fleute and Lavallée 1999; Fleute, Lavallée y otros, 2000; Feilkas and Zheng 2007) mediante la búsqueda, de manera semiautomática, de los parámetros del modelo que maximizaban la semejanza entre las proyecciones radiográficas simuladas generadas a partir del modelo y las vistas proyectivas reales. No obstante, mediante la incorporación en el modelo de únicamente información sobre forma, las proyecciones radiográficas simuladas no son realistas y es difícil asegurar la correspondencia entre las proyecciones simuladas y las vistas reales.

Por la solicitud de patente EP1952303 se conoce una propuesta que utiliza uno de dichos modelos estadísticos de forma, para analizar una parte de interés del cuerpo de un paciente con el fin de evaluar la fortaleza ósea y/o el riesgo de una futura fractura, mediante un método que comprende la obtención de información conocida a priori de la parte de interés, la realización de unos escaneos por absorción de rayos X de la parte de interés del paciente y la recolección de datos de absorimetría de rayos X a partir de los escaneos, construyendo un modelo tridimensional de la parte de interés del cuerpo del paciente, mediante la utilización de la información a priori junto con los datos de absorimetría de rayos X, y realizando medidas de varios parámetros geométricos en el modelo tridimensional para determinar propiedades geométricas y estructurales.

En EP1952303, la información conocida a priori utilizada para construir el modelo tridimensional hace referencia a un atlas anatómico que comprende información sobre la forma de un órgano o parte anatómica, ya sea en la forma de un atlas disponible comercialmente, o generado a partir de una base de datos estadística que incluye información anatómica de forma de una pluralidad de pacientes.

En dicha solicitud se propone realizar un registro 3D/2D sobre el modelo tridimensional a partir de las vistas proyectivas reales obtenidas mediante los escaneos por absorción de rayos X.

No se indica en dicha solicitud que el modelo tridimensional sea construido para más de un objeto, ni que los datos estadísticos de dicho modelo tridimensional hagan referencia a datos que no sean de forma, es decir que no se describe la construcción o utilización de un modelo tridimensional estadístico de apariencia, ni por tanto una reconstrucción tridimensional personalizada a partir del mismo.

#### Modelos estadísticos de forma junto con información sobre la estructura de dentro de la forma

Con el fin de mejorar los modelos estadísticos de forma, se propusieron modelos basados en atlas de forma que también incorporaban información sobre la estructura de dentro del objeto (Yao and Taylor 2003; Lamecker, Wenckebach y otros, 2006; Wilson 2008). Estos modelos incorporan información genérica sobre la estructura de dentro de la forma y por tanto permiten la generación de proyecciones radiográficas más realistas. Sin embargo, estos modelos no incorporan la variación estadística sobre la estructura de dentro de la forma. Por tanto, a pesar de que puede obtenerse una reconstrucción específica para un sujeto de la forma a partir de vistas proyectivas, la reconstrucción de la estructura de dentro de la forma sigue siendo de carácter general, es decir no específica para un sujeto.

#### Modelos estadísticos de forma y apariencia

Con el propósito de superar la limitación comentada inherente al anterior modelo citado, se han propuesto modelos tridimensionales de forma y apariencia (Cootes, Edwards y otros, 2001) que incorporan información sobre variaciones estadísticas en términos de forma y también en términos de estructura interna de la forma (densidad ósea, propiedades de tejidos, etc.), es decir de apariencia. A partir de esta clase de modelos es posible generar una proyección realista y, por encima de todo, una reconstrucción tridimensional específica para un sujeto de ambos, la forma y la estructura interna de una estructura anatómica, utilizando una técnica de registro 3D/2D, que se describirá a continuación. Este método fue divulgado por el grupo al que pertenecen los presentes inventores en el "XIV congreso SEIOMM" en Octubre del 2009 en Santander (Whitmarsh, Humbert y otros, 2009), y se refiere únicamente a modelos de objeto único.

#### Métodos de registro 3D/2D

Por lo que se refiere a la técnica de registro 3D/2D mencionada, son conocidos diferentes métodos que han sido ampliamente utilizados para realizar una reconstrucción tridimensional a partir de una o más vistas radiográficas. Algunos de dichos métodos se conocen como métodos de registro basado en intensidad (Yao and Taylor 2003; Whitmarsh, Humbert y otros, 2009), y tienen como objetivo el encontrar la instancia óptima de un modelo que maximice la semejanza entre la proyección real y una proyección simulada generada a partir del modelo. La instancia óptima del modelo es, por tanto, hallada buscando los parámetros que describen el modelo (parámetros de forma y apariencia, por ejemplo, junto con la pose y escala del modelo).

Los modelos comentados hasta aquí son todos ellos de objeto único, es decir realizados para un único objeto, como por ejemplo un hueso, lo cual los hace inadecuados para determinadas aplicaciones, tales como la descrita en los párrafos siguientes.

5 Mediante la utilización de vistas proyectivas, es necesario tratar con el problema de la superposición de estructuras. Por ejemplo, imágenes de rayos X frontales de la cadera muestran superposición entre varios huesos (pelvis y fémur), tejidos blandos y órganos. Mediante la utilización de un modelo estadístico de forma y apariencia de solamente el fémur, es imposible obtener una reconstrucción específica para un sujeto de la cabeza femoral, debido a la superposición de la pelvis.

10 Por tanto, sería deseable que los modelos de forma y apariencia contuviesen información sobre más de un objeto, en particular sobre todas las estructuras que pueden ser observadas en las vistas proyectivas, con el fin de permitir reproducir, en las proyecciones radiográficas simuladas generadas a partir del modelo tridimensional, la misma información que existe en las vistas proyectivas reales.

15 Estos modelos multi-objeto de forma y apariencia permitirían realizar una reconstrucción tridimensional específica para un sujeto para ambos, la forma y la estructura interna, de todas las estructuras anatómicas de interés de la vista o vistas proyectivas.

20 Se han propuesto diversos métodos encaminados a tratar con el modelado multi-objeto, tres de los cuales se describen a continuación.

#### Modelos estadísticos de forma y modelos estadísticos articulados

25 Los modelos articulados permiten la definición del movimiento relativo (pose) que puede ser observado entre dos modelos. Los modelos estadísticos articulados se construyen a partir de información de una base de datos de la estructura de interés, para adquirir el modo de variación en términos de pose que puede ser observado entre los diferentes objetos. De ese modo, utilizándolo junto con los atlas de forma, el modelo tridimensional incorpora modos de variación de forma y pose para todos los objetos (Boisvert, Cheriet y otros, 2008). Esta clase de modelos han sido  
30 utilizados para la reconstrucción tridimensional de la forma de las vértebras a partir de vistas proyectivas (Boisvert, Cheriet y otros, 2008), utilizando puntos de referencia manualmente digitalizados por un operador en las radiografías. El método de registro 3D/2D aplicado en este caso tiene como objetivo el buscar los parámetros óptimos que maximicen la concordancia entre los puntos de referencia y el modelo tridimensional. Sin embargo, estos métodos están limitados a la reconstrucción tridimensional de la forma.

35 Modelos de forma y métodos de inferencia

La combinación de los modelos de forma con métodos de inferencia ofrece un enfoque similar a la aportada por los modelos articulados. En este enfoque los modelos de forma son descritos por un conjunto de parámetros geométricos y un conjunto de parámetros de pose. Utilizando una base de datos, se definen relaciones estadísticas entre parámetros geométricos y de pose. Esta propuesta ha sido utilizada para obtener una reconstrucción tridimensional de la columna vertebral a partir de proyecciones radiográficas, utilizando un ajuste manual por parte de un operador (Skalli, Humbert y otros, 2008; Humbert, De Guise y otros, 2009).

45 Mientras que los modelos articulados están formados a partir de formas estadísticas independientes vinculadas entre sí por relaciones estadísticas de pose, en el caso de los métodos de inferencia, ambos, la forma y la pose de todos los objetos, están vinculados entre sí por relaciones estadísticas. Sin embargo, como sucede con los modelos articulados, estos métodos están limitados a la forma de los objetos.

50 Modelos multi-objeto de forma y apariencia

Estos modelos multi-objeto pueden ser también contruidos de manera similar a los modelos de objeto único de forma y apariencia. La idea es tratar todas las formas y todas las estructuras de dentro de las formas, es decir las apariencias, como un solo conjunto, y realizar el mismo análisis estadístico para adquirir todos los modos de variación de forma y apariencia a la vez. Tal modelo ha sido creado (Babalola, Cootes y otros, 2008) y usado para la segmentación de estructuras cerebrales a partir de imágenes volumétricas obtenidas por MRI (de los términos en inglés "Magnetic Resonance Imaging", o formación de Imágenes por Resonancia Magnética). Sin embargo, esta clase de modelos no se han utilizado nunca para llevar a cabo una reconstrucción tridimensional a partir de vistas proyectivas.

60 Otras referencias del estado de la técnica

Seise M. y otros, 2009 se dirige a la segmentación de objetos superpuestos en una imagen 2D, y no divulga un proceso de registro 2D/3D ni el uso de información sobre las poses espaciales relativas de los objetos (que serían necesarias para llevar a cabo un proceso de registro).

65

Seise M. y otros, 2009 tampoco describe cómo reconstruir o evaluar la estructura interna, es decir, la "apariencia", como se entiende en la presente invención, de los objetos en absoluto. De hecho ni siquiera menciona esa estructura interna.

5 Cabe señalar que el término apariencia utilizada en Seise M. y otros, 2009 no se refiere a la estructura interna de los objetos, sino a su apariencia visual.

10 La densidad mencionada en Seise M. y otros, 2009 en realidad se refiere a las imágenes de densidad de píxeles más que a la densidad mineral ósea. De hecho, Seise M. y otros, 2009 tampoco menciona en absoluto ni la densidad mineral del hueso ni la estructura interna.

15 Stan Z. Li 2000 también se dirige a separar múltiples objetos bajo oclusión. Sin embargo, mucho en la misma manera que Seise M. y otros, 2009, la separación e identificación de los objetos no es suficiente para llevar a cabo un proceso de registro 2D/3D debido a la falta de un modelo de poses espaciales relativas en el documento. Además, Stan Z. Li 2000 no revela un modelo estadístico porque está dirigido al reconocimiento de diferentes objetos en lugar de a la reconstrucción de un modelo 3D y, por lo tanto, su enseñanza no se puede aplicar a un proceso de registro 2D/3D.

20 Además, Stan Z. Li 2000 no menciona ni divulga la reconstrucción de la estructura interna de los objetos.

Mardia K. V. y otros, 1997 se dirige al reconocimiento de objetos en el contexto de la recolección robótica en el que el objetivo es el reconocimiento de los objetos en una imagen. Mientras que la enseñanza de Mardia K. V. y otros, 1997 tiene en cuenta la pose de los objetos a reconocer, no tiene en cuenta la relación espacial entre los objetos.

25 Además, se establece explícitamente en el documento que el método divulgado en Mardia K. V. y otros, 1997 solo funciona en los casos en que las regiones ocluidas no son visibles, y no funcionarían en una imagen de Rayos-X de los huesos. Además, Mardia K. V. y otros, 1997 no menciona ni divulga la reconstrucción de la estructura interna de los objetos.

30 En resumen, son conocidos los modelos estadísticos y los métodos de registro 3D/2D para obtener una reconstrucción tridimensional a partir de vistas proyectivas, para un único objeto, pero solamente un método ha sido propuesto (por los presentes inventores en el "XIV congreso SEIOMM", Whitmarsh, Humbert y otros, 2009) para obtener una reconstrucción tridimensional de la forma y apariencia utilizando modelos estadísticos que incluyen los modos de variación de ambos, la forma y la apariencia.

35 En el contexto del estudio de los objetos múltiples, la reconstrucción tridimensional que puede ser obtenida a partir de vistas proyectivas está limitada a modelos que incorporan relaciones estadísticas referentes a la forma y a la pose relativa de los objetos, y, por tanto, están limitados a la reconstrucción tridimensional de la forma.

40 El modelado multi-objeto de la forma y apariencia existe, pero solamente para ser utilizado para la segmentación de imágenes volumétricas, y no para realizar una reconstrucción tridimensional a partir de vistas proyectivas.

45 Es por tanto necesario ofrecer una alternativa al estado de la técnica que cubra las lagunas halladas en el mismo, y que ofrezca una solución al problema técnico objetivo planteado de como proporcionar un método de reconstrucción tridimensional de la forma y apariencia de más de un objeto, superponiéndose al menos parcialmente, a partir del registro de unas vistas proyectivas en un modelo estadístico tridimensional que incluye los modos de variación de ambos, la forma y la apariencia, para dos o más objetos.

50 Explicación de la invención

La presente invención ofrece una solución al problema técnico objetivo indicado, mediante la aportación, en un primer aspecto, de un método para obtener una reconstrucción tridimensional a partir de una o más vistas proyectivas, que comprende llevar a cabo un proceso de registro 3D/2D para ajustar como mínimo un modelo estadístico tridimensional que comprende información estadística de la forma y apariencia de un objeto, con el fin de maximizar la semejanza entre una o más proyecciones simuladas, generadas a partir de dicho modelo estadístico tridimensional, y una o más vistas proyectivas reales.

60 A diferencia de las propuestas conocidas, en particular de la divulgada en el "XIV congreso SEIOMM" por Whitmarsh, Humbert y otros, 2009, el método propuesto por el primer aspecto de la invención comprende, de manera característica, obtener una reconstrucción tridimensional de la forma y apariencia de dos o más objetos, que se superponen al menos parcialmente en dichas vistas proyectivas, para las partes de dichos al menos dos objetos que se superponen en dichas vistas proyectivas, mediante la realización de dicho proceso de registro 3D/2D para como mínimo un modelo estadístico tridimensional multi-objeto que comprende información estadística sobre la forma y apariencia, para dichos objetos, e información sobre relaciones espaciales relativas entre diferentes poses de dichos objetos.

Para un ejemplo de realización preferido dichas vistas proyectivas son unas vistas radiográficas, tales como vistas DXA o como las obtenidas mediante Fluoroscopia.

5 En función del ejemplo de realización dicha información sobre relaciones espaciales relativas es de una naturaleza estadística y/o genérica (es decir no estadística), y también incluye opcionalmente información sobre escala.

Para un ejemplo de realización el método comprende obtener reconstrucción tridimensional que también incluye las relaciones espaciales relativas entre las poses de los objetos reconstruidos.

10 Aunque el método no está limitado a un tipo de objeto en particular, para un ejemplo de realización preferido los objetos son estructuras anatómicas, tales como huesos, tejidos blandos y/u órganos de un paciente, o porciones de como mínimo una estructura anatómica.

15 Para otro ejemplo de realización los objetos son piezas o estructuras mecánicas.

Por información sobre apariencia debe entenderse la información existente en el interior del objeto, cualquiera que sea la técnica de obtención de la misma, en la forma de, por ejemplo, distribución de densidades, óseas si el objeto es un hueso, o de intensidades.

20 Según un ejemplo de realización el método se encuentra aplicado a dos o más objetos articulados entre sí, en cuyo caso el método comprende utilizar un modelo articulado estadístico para proporcionar dicha información sobre relaciones espaciales relativas.

25 Para otro ejemplo de realización alternativo, el método se encuentra aplicado a dos o más objetos que no están articulados entre sí, en cuyo caso el método comprende utilizar otra clase de modelos estadísticos de pose conocidos, para conseguir obtener la información sobre relaciones espaciales relativas entre los objetos.

30 El método comprende, para un ejemplo de realización, construir el modelo estadístico tridimensional multi-objeto utilizado para la reconstrucción tridimensional, si bien, para otros ejemplos de realización menos preferidos, también se contempla utilizar modelos tridimensionales multi-objeto previamente construidos.

35 Tal y como se ha indicado en el apartado de estado de la técnica anterior, para el caso en que dos objetos se superponen es imposible obtener una reconstrucción de forma y apariencia personalizada o específica para un sujeto, a partir de un modelo estadístico de forma y apariencia de objeto único, en particular de la zona superpuesta. Ello es debido a que la distribución de densidades o intensidades en dicho objeto cambia bruscamente en la zona superpuesta, por lo que al registrar la vista o vistas proyectivas en el modelo tridimensional de objeto único, debido a la existencia, en el mismo objeto, de valores muy distintos de distribución, de densidades o intensidades, la reconstrucción obtenida no es muy realista.

40 En cambio, mediante la utilización del método propuesto por el primer aspecto de la invención sí que es posible obtener tal reconstrucción realista tridimensional de forma y apariencia personalizada, incluyendo la zona superpuesta. Ello se consigue gracias a que se ajusta un modelo tridimensional multi-objeto, maximizando la semejanza entre las vistas simuladas y las reales de los dos objetos que se superponen, incluyendo la de sus respectivas distribuciones de densidades o intensidades, por lo que al hallar la vista o vistas simuladas más semejantes a las reales para ambos objetos, en cuanto a forma y apariencia, su reconstrucción ya incorpora la información de forma y apariencia de la zona donde se superponen ambos objetos.

45 Para otro ejemplo de realización, complementario al anterior, el método se encuentra aplicado a dos o más objetos que no se superponen en las vistas proyectivas.

50 Por lo que se refiere al proceso de registro 3D/2D, éste se lleva a cabo, según una realización, como mínimo en parte de manera automática.

55 El método comprende, para un ejemplo de realización, incluir información estadística de estructuras anatómicas de pacientes con patologías en el modelo estadístico tridimensional multi-objeto, y llevar a cabo la reconstrucción tridimensional con relación a la forma de como mínimo un hueso y de su apariencia, o distribución interna, para un paciente determinado, incluyendo dicha reconstrucción tridimensional información que permite identificar patologías óseas y/o estimar un riesgo de fractura ósea, para dicho paciente.

60 Un segundo aspecto de la invención concierne a un uso de una reconstrucción tridimensional, relativa a la forma y apariencia de como mínimo dos objetos, y obtenida de acuerdo con el método propuesto por el primer aspecto de la invención, para diagnosis en general, y en particular para diagnosis de patologías, cuando los objetos son estructuras anatómicas.

5 Según una realización de dicho uso, éste está previsto para identificar patologías óseas y/o estimar un riesgo de fractura ósea, para dicho paciente, cuando el modelo estadístico tridimensional multi-objeto incluye información estadística de estructuras anatómicas de pacientes con patologías, y dicha reconstrucción tridimensional es llevada cabo con relación a la forma de como mínimo un hueso y de su apariencia, o distribución interna, de un paciente determinado.

Según otra realización de dicho uso, éste comprende construir un modelo para simular una situación de fractura potencial de como mínimo uno de dichos objetos, y proporcionar una estimación del riesgo de fractura del mismo.

10 Al obtener una reconstrucción tridimensional de, no solamente una estructura, sino varias estructuras de interés, mediante el método propuesto por el primer aspecto de la invención, se posibilita la realización un diagnóstico mejor de diversas patologías. Por ejemplo, actualmente solamente el área BMD (de los términos "Bone Mineral Density": Densidad Mineral Ósea) es tomada como una medida a tener en consideración para evaluar el riesgo de fractura de cadera, mientras que éste no es el único factor que determina la fortaleza de un fémur. Es esencial tomar en  
15 consideración la geometría del fémur, de la articulación coxofemoral, incluyendo la pelvis, y también la geometría de los tejidos blandos que rodean a la cadera. Es sabido que cuanto mayor sea el grosor de los tejidos blandos menor será el riesgo de fractura del fémur.

20 Es por ello que, para otro ejemplo de realización del uso propuesto por el segundo aspecto de la invención, cuando los objetos son como mínimo parte de un fémur, de una pelvis, de una articulación coxofemoral, y del tejido blando que la rodea, de un paciente, dichas simulaciones son relativas a la caída de dicho paciente y el uso comprende también utilizar dichas simulaciones para proporcionar una estimación de riesgo de fractura de cadera.

Breve descripción de los dibujos

25 Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos, que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

30 la Fig. 1 es un diagrama esquemático que ilustra las principales acciones llevadas a cabo mediante el método propuesto por el primer aspecto de la invención, para un ejemplo de realización;

la Fig. 2 muestra, también de manera esquemática, el contenido de un modelo tridimensional multi-objeto, para un ejemplo de realización, asociado a un proceso de registro 3D/2D;

35 la Fig. 3 muestra esquemáticamente el contenido de un modelo tridimensional multi-objeto, para otro ejemplo de realización con algunas diferencias respecto al ilustrado por la Fig. 2, también asociado a un proceso de registro 3D/2D; y

40 la Fig. 4 muestra a dos objetos parcialmente superpuestos, en particular dos huesos, en una vista radiográfica proyectiva real, y en la correspondiente reconstrucción tridimensional de la misma.

Descripción detallada de unos ejemplos de realización

45 En la Fig. 1 se ilustran unos bloques que contienen los distintos elementos utilizados por el método propuesto por el primer aspecto de la invención. En primer lugar, siguiendo un orden de arriba abajo, se ilustra el modelo estadístico multi-objeto creado y/o utilizado por el método de reconstrucción de reconstrucción propuesto, el cual está formado por una pluralidad de modelos estadísticos de forma y apariencia, de objeto único, uno por objeto, los cuales son asociados mediante un modelado multi-objeto, aplicándose finalmente sobre dicho modelo multi-objeto un método  
50 de registro 3D/2D, tal y como se ha descrito en un apartado anterior.

En las Figs. 2 y 3 se han ilustrado sendos ejemplos de realización de modelos estadístico multi-objeto de forma y apariencia, contruidos según el método propuesto por la presente invención, cuyas características comunes son que en ambos casos el método comprende agrupar la información estadística sobre forma y apariencia en dos  
55 modelos estadísticos de objeto único, uno para la forma y otro para la apariencia, para cada objeto, e incluirlos en el modelo estadístico tridimensional multi-objeto.

En este caso solamente se ha ilustrado el método aplicado a dos objetos, por lo que en las Figs. 2 y 3, se incluyen dos respectivos modelos de forma, indicados como Modelo de forma 1 y Modelo de forma 2, y dos respectivos  
60 modelos de apariencia, indicados como Modelo de apariencia 1 y Modelo de apariencia 2.

Para construir el modelo estadístico multi-objeto de forma y apariencia de la Fig. 2, el método comprende agrupar información sobre las poses de cada uno de los objetos, en unos respectivos modelos de pose estadísticos de objeto único, en particular en los indicados como Modelo de pose 1 y Modelo de pose 2, comprendiendo el método

en este caso obtener la mencionada información sobre relaciones espaciales relativas a partir de las poses incluidas en dichos Modelos de pose 1 y 2.

Al contrario del caso ilustrado por la Fig. 2, en el ejemplo de realización ilustrado por la Fig. 3 el método comprende agrupar información sobre las poses de los objetos, en este caso dos, en un único modelo de pose estadístico de objeto único, indicado como Modelo de pose 1,2, e incluir dicho modelo de pose estadístico de objeto único en el modelo estadístico tridimensional multi-objeto, obteniéndose en este caso, mediante el método propuesto por el primer aspecto de la invención, la información sobre relaciones espaciales relativas a partir de la información incluida en el Modelo de pose 1,2.

Aunque para un ejemplo de realización, no ilustrado, los modelos de forma y apariencia de cada objeto son independientes respecto a los del otro u otros objetos, para otros ejemplos de realización ello no es así, y el método comprende incluir en el modelo estadístico tridimensional multi-objeto relaciones entre el modelo de forma de objeto único de un primero de dichos objetos y el modelo de forma de objeto único de un segundo de dichos objetos y/o relaciones entre el modelo de apariencia de objeto único de dicho primer objeto y el modelo de apariencia de objeto único de dicho segundo objeto.

Tal es el caso del ejemplo de realización ilustrado por las Figs. 2 y 3, en los que los modelos de forma y los de apariencia se encuentran relacionados entre sí, habiéndose indicado dichas relaciones de manera esquemática mediante unas respectivas líneas continuas de unión entre modelos de objeto único.

Tales relaciones entre modelos de objeto único pueden ser de cualquier índole, tales como de una naturaleza genérica (por ejemplo, obligando a que la escala del modelo de forma 1 sea la misma que la del modelo de forma 2) y/o estadística, es decir establecida a partir de una base de datos.

Las relaciones estadísticas pueden ser establecidas, por ejemplo, utilizando métodos de inferencia (tal y como se explica en (Skalli, Humbert y otros, 2008)) o utilizando un análisis de componentes principales (como el utilizado en (Babalola, Cootes y otros, 2008)).

Una vez el modelo estadístico multi-objeto se ha construido a partir de una base de datos apropiada, el método comprende controlar el comportamiento del modelo mediante la utilización de una serie de parámetros que permiten controlar la forma, apariencia y pose de los objetos. Estos parámetros pueden influir en más de un aspecto (un parámetro puede controlar, por ejemplo, la forma del Modelo de forma 1 y la del 2, o la pose del modelo de pose 1 y del 2, para el caso de la Fig. 2, asegurando que se cumplan una serie de obligaciones o restricciones de articulación entre estos dos modelos). El proceso de registro 3D/2D permitirá optimizar los parámetros de los modelos con el fin de maximizar la semejanza entre las proyecciones simuladas generadas y las vistas proyectivas reales.

Finalmente en la Fig. 4 se ilustra una vista radiográfica proyectiva V que ilustra a parte de un fémur Fv, a parte de la pelvis Pv a la que se encuentra articulado en la zona que se observa superpuesta en la radiografía V, indicada como Av, por constituir la articulación coxofemoral de ambos huesos. Los diferentes rayados de dicha Fig. 4 indican la información de apariencia existente en el interior de cada objeto, en particular la distribución BMD de cada uno de ellos, que en la zona superpuesta Av es muy diferente a la de las porciones de los huesos no superpuestas.

La vista adyacente a la radiografía V representa, de manera esquemática, a la reconstrucción tridimensional R de los objetos incluidos en la radiografía V, es decir el fémur Fr, la pelvis Pr y la articulación coxofemoral Ar, obtenida al aplicar el método de reconstrucción propuesto por el primer aspecto de la invención sobre el modelo estadístico tridimensional multi-objeto construido.

Puede verse que tal reconstrucción R incorpora la información de forma y apariencia de la zona Ar donde se superponen ambos huesos, a pesar de los cambios en la distribución BMD que se producen en dicha zona, gracias a las razones expuestas en el apartado de explicación de la invención, es decir a maximizar la semejanza entre la vista real V y la simulada, para los dos huesos que se superponen.

A continuación se indica con mayor detalle como se ha llevado a cabo la construcción del modelo multi-objeto y el proceso de registro 3D/2D del mismo, para conseguir la reconstrucción R de la Fig. 4, la cual ha sido obtenida para una única radiografía V o imagen DXA, así como para otras reconstrucciones, no ilustradas, obtenidas a partir de varias radiografías tomadas desde diferentes ángulos, con el fin de evaluar su impacto en la precisión conseguida en la reconstrucción tridimensional obtenida.

Construcción del modelo estadístico tridimensional de forma y apariencia multi-objeto

Éste se ha construido incorporando tanto las variaciones estadísticas en términos de forma como la distribución BMD tridimensional, es decir la información de apariencia. El modelo multi-objeto creado para la obtención de la reconstrucción R ilustrada de manera esquemática en la Fig. 4, ha incluido el fémur y una parte de la pelvis, incluyendo la parte que se superpone en la cabeza femoral, es decir la que constituye la articulación coxofemoral. El modelo multi-objeto creado sigue los principios de los modelos de forma y apariencia (Cootes, Edwards y otros,

2001) y se ha construido de manera automática a partir de una base de datos de escaneos cuantitativos de tomografía computerizada (QCT), desarrollando el método descrito por Frangi y otros, (Frangi, Rueckert y otros, 2002).

5 El modelo requiere de una base de datos de adquisiciones de imágenes de escáner QCT, para la obtención de las cuales se ha utilizado un escáner de tomografía computerizada (CT), junto con un fantasma de densidad para relacionar las unidades Hounsfield a los valores de BMD.

10 Para la construcción del modelo se ha escogido, en primer lugar, una referencia de volumen QCT de entre todas las adquisiciones. La forma ósea del fémur y la de la parte de interés de la pelvis de esta imagen escaneada de referencia se ha segmentado para generar una imagen donde se observe la porción superpuesta de ambos huesos en un área de la imagen que mezcle las superficies de los dos huesos.

15 Seguidamente todo el resto de imágenes volumétricas son registradas con respecto a este volumen de referencia por medio de una transformada de deformación. Para cada volumen, o imagen volumétrica, la transformación se aplica a la parte de la imagen que mezcla las superficies de ambos huesos (el fémur y la pelvis) del volumen de referencia, lo cual ofrece como resultado una imagen de mezcla de superficies óseas del fémur y la pelvis para cada sujeto.

20 Tras ello, se han construido dos modelos estadísticos de forma a partir de los vértices de las partes de la imagen donde se mezclan las superficies óseas, utilizando un análisis de componentes principal.

25 Posteriormente, con el fin de adquirir solamente las variaciones BMD sin tener en cuenta las variaciones de forma, se utilizan las imágenes adquiridas como producto de las segmentaciones descritas para deformar cada imagen volumétrica hacia la misma forma de referencia media, utilizando una deformación basada en la función de placa delgada ("Thin Plate Spline deformation" (Bookstein 1989)).

30 Esta tarea se repite dos veces: una para la pelvis y otra para el fémur. Se realiza entonces un análisis estadístico aplicándolo a los valores de densidad ósea que resultan en dos modelos de distribución BMD (modelos de apariencia), uno para cada uno de los huesos.

Para obligar o forzar la pose relativa entre los dos modelos, se ha construido un modelo articulado como el propuesto por Kainmueller, Lamecker y otros, 2009.

35 El modelo estadístico es entonces descrito por un conjunto de parámetros que definen la forma y un conjunto de parámetros que caracterizan la distribución BMD para los dos huesos, con un conjunto de parámetros que caracterizan las poses de ambos huesos bajo las obligaciones impuestas por el modelo articulado.

Registro 3D/2D del modelo multi-objeto

40 Mediante el método propuesto por el primer aspecto de la invención se consigue obtener una reconstrucción tridimensional, tanto de la forma como de la distribución BMD, utilizando el modelo multi-objeto justo arriba descrito, a partir de una o varias imágenes DXA.

45 Esto se consigue encontrando la instancia de los modelos de forma y la instancia de los modelos de densidad, junto con la realización de unas transformaciones rígidas (traslación, rotación limitada por el modelo articulado), que maximiza la semejanza entre la imagen DXA (V en la Fig. 4) y la radiografía reconstruida digitalmente (DRR), denominada anteriormente como proyección simulada, generada a partir de los modelos.

50 De manera similar a la propuesta por Cootes y otros, [1], para cada modelo, el modelo de forma genera una nueva forma sobre la cual se deforma una instancia del modelo de densidad utilizando, por ejemplo, una transformación TPS.

55 En un proceso de registro basado en intensidades, el parámetro espacio, representando a los parámetros de los modelos de forma y densidad y a una transformada de semejanza, es buscado, donde el error absoluto medio entre la imagen real DXA y la simulada DRR de la instancia del modelo de densidad deformado define la mencionada semejanza.

60 Obviamente, otros procesos de registro 3D/2D conocidos pueden ser utilizados para llevar a cabo la reconstrucción tridimensional propuesta por el método según el primer aspecto de la invención.

Un experto en la materia podría introducir cambios y modificaciones en los ejemplos de realización descritos sin salirse del alcance de la invención según está definido en las reivindicaciones adjuntas.

Referencias

65

A continuación se indican una serie de referencias bibliográficas, incluyendo documentos de patente, artículos, etc., incluidas en el campo de la técnica al que pertenece la presente invención, las más relevantes de las cuales se han descrito en el apartado de estado de la técnica anterior.

- 5 [1] Babalola, K. O., T. F. Cootes, y otros, (2008). "3D brain segmentation using active appearance models and local regressors." *Med Image Comput Assist Interv* 11(Pt 1): 401-408.
- [2] Boisvert, J., F. Cheriet, y otros, (2008). "Articulated spine models for 3-D reconstruction from partial radiographic data." *IEEE Trans Biomed Eng* 55(11): 2565-2574.
- 10 [3] Boisvert, J., F. Cheriet, y otros, (2008). "Geometric variability of the scoliotic spine using statistics on articulated shape models." *IEEE Trans Med Imaging* 27(4): 557-568.
- [4] Bookstein, F. L. (1989). "Principal Warps: Thin-Plate Splines and the Decomposition of Deformations." *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 11(6): 567-585.
- 15 [5] Burghardt, A., G. Kazakia, y otros, (in press). "Automated simulation of areal bone mineral density assessment in the distal radius from high-resolution peripheral quantitative computed tomography." *Osteoporosis International*.
- [6] Cody, D. D., G. W. Divine, y otros, (2000). "Bone density distribution and gender dominate femoral neck fracture risk predictors." *Skeletal Radiol* 29(3): 151-161.
- [7] Cootes, T. F., G. J. Edwards, y otros, (2001). *Active Appearance Models*. IEEE PAM.
- 25 [8] Cootes, T. F., C. J. Taylor, y otros, (1995). "Active Shape Models - Their Training and Application." *Computer Vision and Image Understanding* 61(1): 38-59.
- [9] El Maghraoui, A. and C. Roux (2008). "DXA scanning in clinical practice." *QJM* 101(8): 605-617.
- 30 [10] Engelke, K., J. E. Adams, y otros, (2008). "Clinical use of quantitative computed tomography and peripheral quantitative computed tomography in the management of osteoporosis in adults: the 2007 ISCD Official Positions." *J Clin Densitom* 11(1): 123-162.
- [11] Feilkas, T. and G. Zheng (2007). *Shape reconstruction using X-ray images*. EP1868157.
- 35 [12] Fleute, M. and S. Lavallée (1999). *Nonrigid 3-D/2-D Registration of Images Using Statistical Models*. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI'99*: 138-147.
- [13] Fleute, M., S. Lavallee, y otros, (2000). *Three-Dimensional Statistic Reconstruction of Surfaces*. WO01/22368.
- 40 [14] Frangi, A. F., D. Rueckert, y otros, (2002). "Automatic construction of multiple-object three-dimensional statistical shape models: application to cardiac modeling." *IEEE Trans Med Imaging* 21(9): 1151-1166.
- [15] Fritscher, K., B. Schuler, y otros, (2008). *Prediction of Biomechanical Parameters of the Proximal Femur Using Statistical Appearance Models and Support Vector Regression*. MICCAI. New York City, EEUU. parte I: 568–575.
- 45 [16] Humbert, L., J. A. De Guise, y otros, (2009). "3D reconstruction of the spine from biplanar X-rays using parametric models based on transversal and longitudinal inferences." *Med Eng Phys*.
- [17] Kainmueller, D., H. Lamecker, y otros, (2009). "An articulated statistical shape model for accurate hip joint segmentation." *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 1: 6345-6351.
- 50 [18] Kolta, S., A. Le Bras, y otros, (2005). "Three-dimensional X-ray absorptiometry (3D-XA): a method for reconstruction of human bones using a dual X-ray absorptiometry device." *Osteoporos Int* 16(8): 969-976.
- 55 [19] Lamecker, H., T. H. Wenckeback, y otros, (2006). *Atlas-based 3D-Shape Reconstruction from X-Ray Images*. *Pattern Recognition, 2006. ICPR 2006. 18th International Conference on*.
- [20] Le Bras, A. K., Sami., D. Mitton, y otros, (2003). *METHOD AND DEVICE FOR RADIOGRAPHIC IMAGING* WO/2004/056270.
- 60 [21] Li, W., J. Kornak, y otros, (2009). "Identify fracture-critical regions inside the proximal femur using statistical parametric mapping." *Bone* 44(4): 596-602.

- [22] Mitulescu, A., W. Skalli, y otros, (2002). "Three-dimensional surface rendering reconstruction of scoliotic vertebrae using a non stereo-corresponding points technique." *Eur Spine J* 11(4): 344-352.
- 5 [23] Skalli, W., L. Humbert, y otros, (2008). METHOD FOR RECONSTRUCTION OF A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A BODY STRUCTURE. WO 2008/146069.
- [24] Whitmarsh, T., L. Humbert, y otros, (2009). Reconstrucción de la forma del fémur y densidad mineral ósea en 3D para el diagnóstico de osteoporosis a partir de DXA. XIV Congreso SEIOMM 2009. Santander, España.
- 10 [25] WHO (1994). Assessment of fracture risk and its implication to screening for postmenopausal osteoporosis. World Health Organization Technical Report Series 843.
- [26] WHO (2003). Prevention and Management of Osteoporosis. World Health Organization Technical Report Series.
- 15 [27] Wilson, K. E. (2008). ESTIMATING RISK OF FUTURE BONE FRACTURE UTILIZING THREE-DIMENSIONAL BONE DENSITY MODEL. EP1952303.
- [28] Yao, J. and R. Taylor (2003). Assessing Accuracy Factors in Deformable 2D/3D Medical Image Registration Using a Statistical Pelvis Model. Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Computer Vision - Volume 2, IEEE Computer Society.
- 20 [29] Seise M. y otros, "Parts-based segmentation with overlapping part models using Markov chain Monte Carlo". *Image and Vision Computing*. Elsevier, Guildford, GB, vol. 27, no. 5, 2 Abril 2009, páginas 504-513.
- 25 [30] Stan Z. Li "Recognizing Multiple Overlapping Objects in Image: An Optimal Formulation", *IEEE Transactions of image processing*, IEEE Service center. Piscataway, NJ. US, vol. 9, no. 2, 1 Febrero 2000.
- 30 [31] Mardia K. V. y otros, "Deformable template recognition of multiple occluded objects". *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, IEEE Service Center, Los Alamitos, CA, US, vol. 19, no. 9, 1 Septiembre 1997, páginas 1035-1042.

**REIVINDICACIONES**

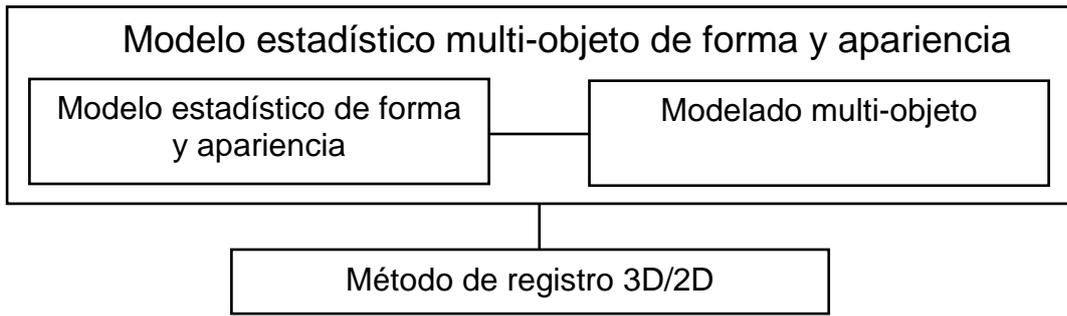
- 1.- Método para obtener una reconstrucción tridimensional de una o más vistas proyectivas, que comprende llevar a cabo un proceso de registro 3D/2D para ajustar al menos un modelo estadístico tridimensional que comprende información estadística de la forma y apariencia de un objeto, donde dicha información de la apariencia se relaciona con la información sobre la estructura interna del objeto, para maximizar la similitud entre al menos una proyección simulada generada a partir de dicho al menos un modelo estadístico tridimensional y al menos una vista proyectiva verdadera, estando dicho método caracterizado porque comprende:
- 5 - obtener una reconstrucción tridimensional de la forma y apariencia de al menos dos objetos que se superponen al menos parcialmente en dichas vistas proyectivas, para las porciones de dichos al menos dos objetos que se superponen en dichas vistas proyectivas, mediante la realización de dicho proceso de registro 3D/2D para al menos un modelo estadístico multiobjeto tridimensional que comprende información estadística sobre forma y apariencia, para dichos al menos dos objetos, e información sobre relaciones espaciales relativas entre diferentes poses de dichos objetos
  - 10 - construir dicho al menos un modelo estadístico multiobjeto tridimensional agrupando dicha información estadística sobre forma y apariencia en al menos dos modelos estadísticos de objeto único, uno para la forma y otro para la apariencia, para cada objeto, e incluyéndolos en el modelo estadístico multiobjeto tridimensional, que es al menos uno; y
  - 15 - incluyendo en el modelo estadístico multiobjeto tridimensional construido relaciones entre el modelo de forma de objeto único de un primero de dichos objetos y el modelo de forma de objeto único de un segundo de dichos objetos y entre el modelo de apariencia de objeto único de dicho primer objeto y el modelo de apariencia de un solo objeto de dicho segundo objeto.
- 2.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos al menos dos objetos son estructuras anatómicas, o porciones de al menos una estructura anatómica.
- 3.- Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se encuentra aplicado a al menos dos objetos articulados entre sí.
- 4.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la construcción de dicho al menos un modelo estadístico multiobjeto tridimensional comprende además agrupar información sobre las poses:
- 35 - de cada uno de dichos al menos dos objetos en al menos dos respectivos modelos estadísticos de posición de un solo objeto, incluyendo dichos modelos de objeto único en dicho al menos un modelo estadístico multiobjeto tridimensional, y obteniendo dicha información sobre las relaciones espaciales relativas de las poses incluido en dichos al menos dos modelos estadísticos de pose de un solo objeto; o
  - 40 - de dichos al menos dos objetos en un modelo estadístico de posición de un solo objeto, incluyendo dicho modelo estadístico de posición de un solo objeto en dicho al menos un modelo estadístico tridimensional de objetos múltiples, y obteniendo dicha información sobre las relaciones espaciales relativas de la información incluida en dicho modelo estadístico de pose de un solo objeto.
- 5.-Método según la reivindicación 3 ó 4, caracterizado porque comprende utilizar al menos un modelo articulado estadístico para proporcionar dicha información sobre relaciones espaciales relativas.
- 6.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dichas relaciones entre modelos de objeto único son de una naturaleza genérica y/o estadística.
- 7.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha información sobre relaciones espaciales relativas es de una naturaleza genérica y/o estadística.
- 8.- Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque dichos objetos, que son al menos dos, se encuentran seleccionados del grupo que incluye los siguientes objetos: huesos, tejidos blandos y órganos.
- 9.- Uso de una reconstrucción tridimensional, relacionada con la forma y apariencia de al menos dos objetos, y obtenido según el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para identificar patologías óseas y/o realizar una estimación del riesgo de fractura ósea para dicho paciente cuando el modelo estadístico multiobjeto tridimensional incluye información estadística anatómica de la estructura de pacientes con patologías y dicha reconstrucción tridimensional se realiza en relación con la forma de al menos un hueso y su apariencia, o distribución interna , de un paciente.

10. El uso de una reconstrucción tridimensional, relacionada con la forma y apariencia de al menos dos objetos, y obtenido según el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para construir un modelo para simular una situación potencial de fractura en al menos uno de dichos al menos dos objetos, y proporcionar una estimación del riesgo de fractura de los mismos.

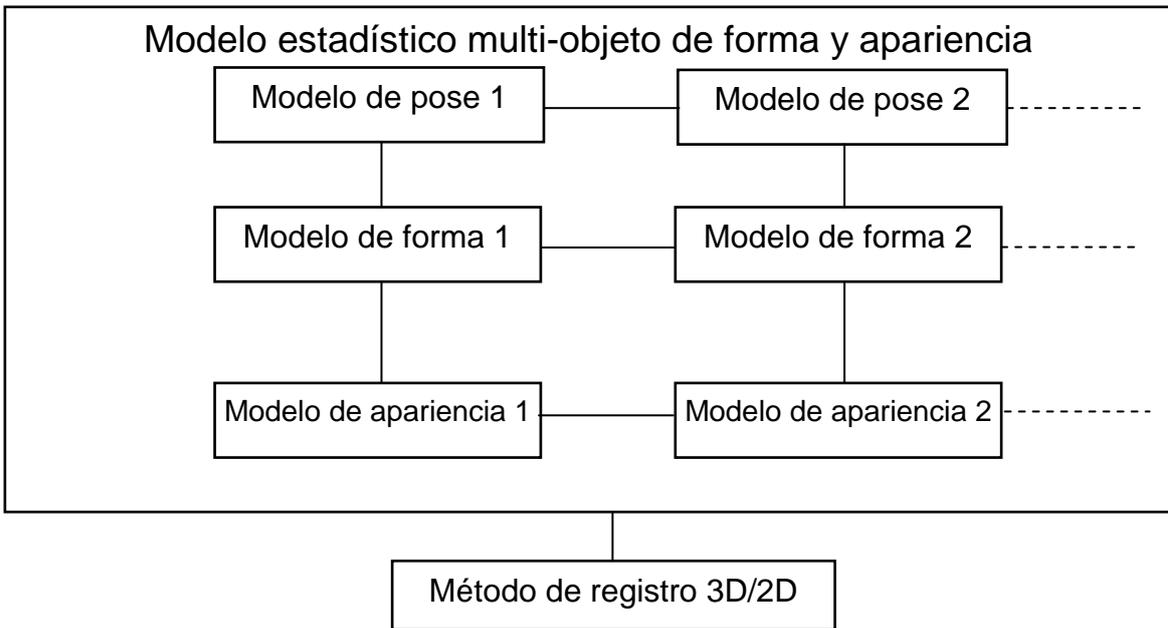
5

11.- Uso según la reivindicación 21, caracterizado porque cuando dichos al menos dos objetos son al menos parte de un fémur, de una pelvis, de una articulación coxofemoral, y del tejido blando que la rodea, de un paciente, dichas simulaciones son relativas a la caída de dicho paciente y el uso comprende también utilizar dichas simulaciones para proporcionar una estimación de riesgo de fractura de cadera.

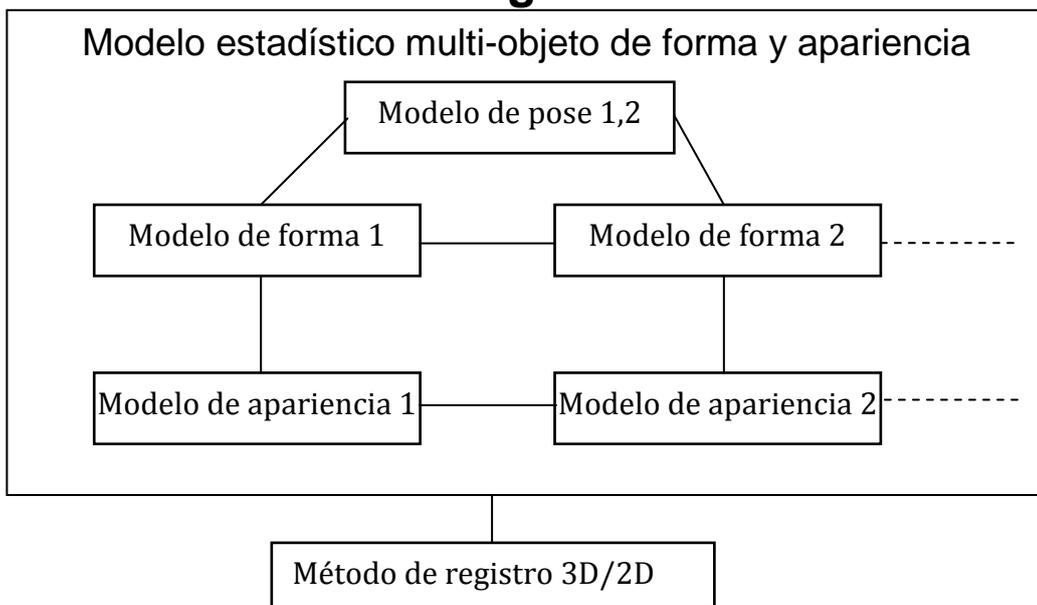
10



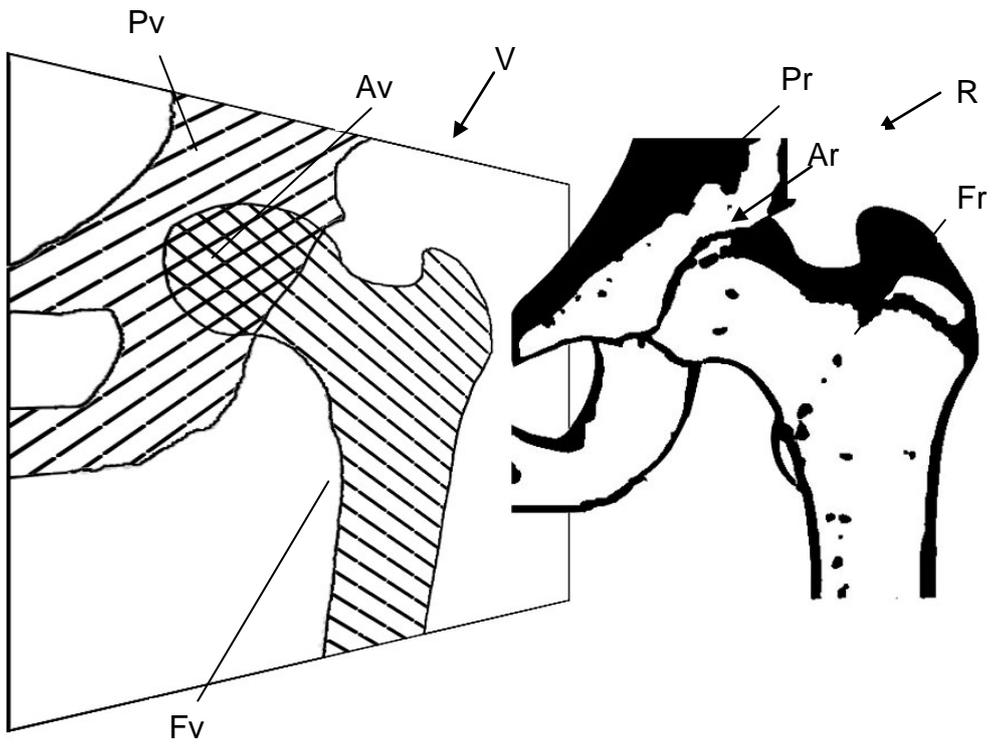
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**