

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 571**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2006.01)

A61B 6/03 (2006.01)

G06T 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.02.2012 PCT/SE2012/050178**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.08.2013 WO13122523**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2012 E 12868527 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2815381**

54 Título: **Método de clasificación de órganos a partir de una imagen tomográfica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.03.2017

73 Titular/es:
**ADVANCED MR ANALYTICS AB (100.0%)
Badhusgatan 5
582 22 Linköping, SE**

72 Inventor/es:
**DAHLQVIST LEINHARD, OLOF y
BORGA, MAGNUS**

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 605 571 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 de clasificación de órganos a partir de una imagen tomográfica

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a la clasificación de órganos en una imagen, en especial a la clasificación de órganos en una imagen tomográfica, anatómica y tridimensional que comprende un conjunto de datos de imagen de agua y un conjunto de datos de imagen de grasa.

10

Antecedentes

En la formación de imágenes tomográficas tridimensionales médicas, la identificación de los distintos tejidos y órganos del cuerpo, tales como los músculos, es una parte importante de la interpretación médica de las imágenes. El tamaño, la forma y la composición, y sus variaciones a lo largo del tiempo, de distintos órganos puede ser una parte importante de información en muchas cuestiones clínicas. La identificación de tales características es en general un proceso manual, que incluye identificar de forma manual un órgano específico y posiblemente etiquetarlo en la imagen. La presente imagen puede, tras una identificación y un proceso de análisis completos, comprender una pluralidad de etiquetas para distintos órganos. De este modo los puntos, o vóxeles, en la imagen tridimensional pueden representar un emplazamiento de un órgano.

15

20

Sin embargo, cuando se toma una nueva imagen de un cuerpo distinto se necesita realizar el proceso de identificación de nuevo. No es posible reutilizar la identificación y el análisis de una imagen previa en una nueva imagen.

25

En consecuencia, existe la necesidad de un método de identificación de órganos en una imagen tomográfica tridimensional que pueda realizarse de forma automática. Tal método se describe en Joshi *et al.*, "A Software Tool for Volume Registration and Atlas-Based Segmentation of Human Fat-Water MRI Data in Longitudinal Studies", Proc. ISMRM 18 (2010).

30

Sumario de la invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar una solución mejorada que reduzca las desventajas de los dispositivos actuales. Adicionalmente, es un objetivo proporcionar un método de clasificación de órganos a partir de una imagen tomográfica.

35

Esto se logra de acuerdo con un aspecto de la invención en el que se proporciona un método para la clasificación de un órgano en una imagen tomográfica. El método comprende las etapas de recibir una imagen tomográfica objetivo anatómica tridimensional que comprende un conjunto de datos de imagen de agua y un conjunto de datos de imagen de grasa, cada uno con una pluralidad de elementos de volumen, proporcionar una imagen prototipo que comprende un conjunto de datos de imágenes tridimensionales con una pluralidad de elementos de volumen, en la que se da una etiqueta de órgano a un subconjunto de los elementos de volumen, transformar la imagen prototipo mediante la aplicación de un campo de deformación sobre los elementos de volumen de la imagen prototipo, de forma que cada elemento de volumen etiquetado para un órgano actual se determina que es equivalente a un emplazamiento para un elemento de volumen en un órgano correspondiente en la imagen objetivo, y transferir las etiquetas de los elementos de volumen etiquetados de la imagen prototipo a los elementos de volumen correspondientes de la imagen objetivo.

40

45

En la imagen prototipo, el subconjunto de elementos de volumen puede comprender al menos un elemento de volumen etiquetado. El al menos un elemento de volumen etiquetado puede tener una etiqueta que designa el órgano actual, en que el elemento de volumen etiquetado se emplaza en la imagen prototipo. Tal etiqueta puede ser "bíceps", "hígado" o cualquier nombre de un órgano. Cuando se transforma la imagen prototipo, los elementos de volumen en el prototipo que definen el borde de órgano actual pueden moverse hasta un emplazamiento que corresponde con un emplazamiento para un borde correspondiente en la imagen objetivo. Después, el volumen de órgano en la imagen prototipo definido por dichos bordes puede cambiar en forma y posición para ajustarse a la forma y la posición del órgano correspondiente en la imagen objetivo. Después, puede moverse el al menos un elemento de volumen etiquetado dentro del volumen de órgano en la imagen prototipo como consecuencia del movimiento del borde, pero puede mantenerse dentro del volumen de órgano. Después, el elemento de volumen etiquetado en el volumen de órgano en la imagen prototipo transformada puede tener un elemento de volumen correspondiente en la imagen objetivo, que con una probabilidad muy elevada también se emplaza dentro de un órgano correspondiente. La etiqueta del elemento de volumen etiquetado en la imagen prototipo puede transferirse en la siguiente etapa al emplazamiento del elemento de volumen correspondiente en la imagen objetivo.

50

55

60

El resultado de este proceso puede ser una identificación de los emplazamientos de uno o más órganos en una imagen objetivo. De este modo, este órgano se clasifica mediante la etiqueta. Adicionalmente puede analizarse la cantidad de transformación de la imagen prototipo para ajustarse a la forma de la imagen objetivo. Por ejemplo, la

65

imagen prototipo puede ser una imagen del mismo cuerpo que la imagen objetivo, pero en un punto de tiempo anterior. Después puede analizarse y visualizarse el cambio de las propiedades de un órgano específico entre dos imágenes a lo largo del tiempo.

- 5 En las imágenes tridimensionales los elementos de volumen pueden ser vóxeles. Todas las etapas en el método pueden realizarse de forma automática, por ejemplo mediante un dispositivo informático. Por órgano se entiende cualquier músculo o tejido graso, u otros órganos internos del cuerpo.

- 10 El método de acuerdo con la presente invención puede permitir un mapeo de los valores de atenuación de Hounsfield definidos en la imagen prototipo para una imagen de RM (resonancia magnética). Después, las imágenes de RM pueden utilizarse para la corrección de la atenuación en la formación de imágenes por TEP (tomografía por emisión de positrones).

- 15 Se puede lograr una robustez extra en la clasificación utilizando los datos de multicampo en los conjuntos de datos de imágenes de agua y de grasa. Por ejemplo, los elementos de volumen etiquetados para un órgano en la imagen objetivo pueden etiquetarse como tejido adiposo. Si los elementos de volumen etiquetados pueden multiplicarse con el conjunto de datos de imagen de grasa, el elemento de volumen etiquetado transferido de forma errónea a un área de agua en la imagen objetivo puede eliminarse de forma automática.

- 20 Adicionalmente, los elementos de volumen etiquetados de forma similar en la imagen objetivo definen un volumen de órgano que representa un órgano actual. El método comprende adicionalmente una etapa de extensión de dicho volumen de órgano al órgano completo, a base de las propiedades de la imagen objetivo.

- 25 Extendiendo el volumen de órgano en la imagen objetivo, el órgano puede segmentarse y visualizarse de forma completa. El volumen de órgano puede ser una visualización de un órgano sustancialmente completo en la imagen objetivo. Se pueden analizar los datos de la imagen en la imagen objetivo para definir el volumen de órgano extendido. Los elementos de volumen en la imagen objetivo pueden analizarse, por ejemplo a base de su nivel de intensidad, para determinar una extensión del volumen de órgano. Puede utilizarse para la determinación del volumen de cada órgano segmentado la imagen objetivo que comprende los órganos segmentados y clasificados.

- 30 Además, debido a los datos de multicampo en la imagen objetivo, que comprenden tanto datos de imágenes de agua como de grasa, la imagen objetivo segmentada y clasificada puede utilizarse para medir el contenido de grasa y de agua en un órgano específico, por ejemplo midiendo el porcentaje de grasa en el hígado o el contenido de grasa en un músculo, posiblemente en comparación con el contenido de agua en el mismo músculo.

- 35 El método comprende adicionalmente una etapa de calibración de la imagen objetivo a base de los órganos etiquetados en el conjunto de datos de imagen de agua, en el que a cada elemento de volumen etiquetado en la imagen objetivo etiquetada como un órgano particular, se le da un valor de agua predeterminado para ese órgano particular.

- 40 En un cuerpo, varios órganos pueden comprender una cantidad grande de agua, pero el contenido de agua y la fuerza de señal del agua pueden variar entre distintos órganos. La fuerza de señal en la imagen de agua también puede variar sobre la imagen debido a las restricciones físicas del dispositivo de formación de imágenes. Para lograr una imagen normalizada cuantitativa de un cuerpo, a partir del conjunto de datos de imagen de agua objetivo, cada órgano puede en primer lugar identificarse como se presenta anteriormente. Para normalizar la imagen de agua, a cada elemento de volumen de órgano etiquetado se le puede dar un valor predeterminado en el conjunto de datos de imagen de agua. El valor de agua predeterminado puede ser específico para un órgano particular. La información respecto al valor de agua predeterminado para un órgano particular puede estar comprendida en una etiqueta en la imagen prototipo. El mismo valor de agua en la imagen objetivo puede representar a las mismas propiedades físicas en la imagen objetivo. El valor de agua predeterminado para un elemento de volumen etiquetado en un órgano particular puede ajustarse no solo a base del valor de agua real en ese elemento de volumen, sino también a base de la estructura tisular en el órgano particular completo. El valor de agua predeterminado no solo puede representar la cantidad de agua en ese volumen de elemento, sino también las propiedades de la estructura del tejido en ese órgano. El valor de agua predeterminado para el elemento de volumen etiquetado puede compararse con el valor de agua real para ese elemento de volumen para establecer una diferencia entre los dos valores.

- 55 Además, a dicho valor de agua predeterminado se le sustrae el valor de grasa del elemento de volumen etiquetado en el conjunto de datos de imagen de grasa.

- 60 A cada elemento de volumen etiquetado identificado como presente en un órgano particular, por ejemplo un músculo, se le puede dar un valor de agua predeterminado. Al valor de agua predeterminado se le puede sustraer un valor de grasa para el mismo elemento de volumen procedente del conjunto de datos de imagen de grasa. El valor de agua y el valor de grasa procedentes de los conjuntos de datos de imágenes se pueden representar mediante los valores de intensidad para el elemento de volumen en los dos conjuntos de datos de imágenes. Por ejemplo, un elemento de volumen etiquetado puede, en el conjunto de datos de imagen de agua, tener un valor de intensidad de 0,8. Dado que se identifica como presente en un órgano muscular, su valor de agua, es decir el valor de intensidad en la imagen de agua, se ajusta a 1. En el conjunto de datos de imagen de grasa, el mismo elemento

de volumen puede tener un valor de intensidad de 0,1. Después, al valor de agua ajustado a 1 puede sustraérsele el valor de grasa 0,1, que es equivalente a 0,9. Esto puede realizarse para proporcionar una estructura muscular normalizada, pero con la información conservada del contenido de agua y grasa en los órganos musculares.

5 La imagen tomográfica puede recibirse a partir del escáner de resonancia magnética (RM). El escáner de RM puede proporcionar una imagen objetivo tridimensional que comprende un conjunto de datos de imagen de agua y un conjunto de datos de imagen de grasa.

10 En una realización adicional, la etapa de extensión del volumen del órgano puede comprender detectar un borde del órgano en la imagen objetivo.

15 Dentro del órgano en la imagen objetivo, el nivel de intensidad de los elementos de volumen puede ser sustancialmente homogéneo. En los bordes del órgano se puede detectar un cambio en el nivel de intensidad en los elementos de volumen. Detectando el borde del órgano en la imagen objetivo, se pueden detectar los límites de volumen de órgano, los que pueden definir el volumen del órgano. A base de los elementos de volumen etiquetados dentro del volumen de órgano, puede proporcionarse la misma etiqueta al volumen al órgano completo, ahora definido por los límites detectados. De este modo, puede clasificarse y segmentarse el órgano en la imagen objetivo dándole una etiqueta.

20 En aún una realización adicional, el método puede comprender adicionalmente una etapa de incorporar una etiqueta en, o eliminar una etiqueta de, un elemento de volumen en la imagen objetivo, en la que dicha etapa manual puede estar seguida de una redefinición del volumen de órgano en referencia a la etiqueta actual.

25 En algunas ocasiones, cuando se transfiere el elemento de volumen etiquetado de la imagen prototipo a la imagen objetivo, el elemento de volumen etiquetado en la imagen objetivo puede acabar cerca del límite del volumen de órgano. Esto puede provocar un volumen de órgano definido de forma errónea debido al etiquetado de un elemento de volumen que no debería etiquetarse o ser parte del volumen de órgano. Después, el método puede comprender una etapa de eliminar de forma manual un elemento de volumen de órgano etiquetado en la imagen objetivo. Esta etapa puede estar seguida de una redefinición del volumen de órgano. Esto puede realizarse, empezando con los
30 elementos de volumen etiquetados restantes para el órgano actual, redeterminando la extensión del volumen de órgano a base de las propiedades de imagen de la imagen objetivo. También puede realizarse una redeterminación de la extensión del volumen de órgano cuando se añade una etiqueta a un elemento de volumen. Se puede añadir una etiqueta para aumentar la exactitud en la determinación de la extensión del volumen.

35 En una realización, la etapa de transformación de la imagen prototipo puede comprender aplicar un correjistro no rígido de la imagen prototipo sobre la imagen objetivo para aumentar la similitud entre la imagen prototipo y la imagen objetivo, y en el que el correjistro no rígido puede proporcionar dicho campo de deformación que representa una imagen prototipo deformada.

40 El fin de un correjistro no rígido puede ser maximizar la similitud entre la imagen prototipo y la imagen objetivo. Existen varios métodos de correjistro no rígido conocidos, tales como Demons (J.-P. Thirion. Image matching as a diffusion process: an analogy with Maxwell's demons. Medical Image Analysis, 2(3), 1998) y Morphon (Knutsson H, Andersson M. Morphons: Segmentation using elastic canvas and paint on priors. En: IEEE International Conference on Image Processing ICIP 2005, 2005). Puede utilizarse cualquiera de estos para determinar un campo de
45 deformación que defina cómo puede deformarse o transformarse la imagen prototipo con el fin de ajustarse mejor a la imagen objetivo. Tal método puede proporcionar una determinación fiable del campo de deformación, lo que puede aumentar la probabilidad de que un elemento de volumen etiquetado en la imagen prototipo pueda acabar en un órgano correspondiente en la imagen objetivo.

50 En otra realización, el método puede comprender adicionalmente la etapa de eliminar la etiqueta de un primer elemento de volumen etiquetado en la imagen objetivo a base del análisis de dicho primer elemento de volumen etiquetado en comparación con un segundo elemento de volumen etiquetado de forma similar en la imagen objetivo.

55 Podría ocurrir que dos elementos de volumen etiquetados de forma similar no se emplacen en un órgano común, es decir, una de las etiquetas puede estar ajustada de forma errónea. Para identificar tal etiqueta ajustada de forma errónea pueden compararse dos elementos de volumen etiquetados de forma común para identificar cualquier diferencia, diferencias que pueden indicar una etiqueta mal colocada. Tal análisis y comparación puede ser a base de, por ejemplo, el nivel de intensidad de los elementos de volumen etiquetados.

60 En una realización adicional, dicho análisis puede comprender un análisis de dicho primer elemento de volumen etiquetado en el conjunto de datos de agua y en el conjunto de datos de imagen de grasa, en comparación con el segundo elemento de volumen etiquetado de forma similar en el conjunto de datos de imagen de agua y el conjunto de datos de imagen de grasa.

65 Dado que la imagen objetivo comprende tanto un conjunto de datos de imagen de agua como un conjunto de datos de imagen de grasa, cada elemento de volumen en la imagen objetivo puede tener tanto un valor de agua

procedente del conjunto de datos de imagen de agua como un valor de grasa procedente del conjunto de datos de imagen de grasa. Comparando los valores de agua y grasa para un elemento de volumen etiquetado en imagen objetivo con el elemento de volumen etiquetado correspondiente en la imagen prototipo, puede identificarse un elemento de volumen etiquetado o transferido de forma errónea. Después, tal elemento de volumen etiquetado
 5 transferido de forma errónea puede eliminarse para mejorar el volumen de órgano definido. La comparación puede ser a base del nivel de intensidad para los elementos de volumen en los respectivos conjuntos de datos de imágenes de agua y de grasa.

10 En una realización adicional, la etapa de eliminar un primer elemento de volumen etiquetado puede comprender determinar una relación agua-grasa para el primer elemento de volumen etiquetado, comparar dicha relación agua-grasa con una correspondiente relación agua-grasa para el segundo elemento de volumen etiquetado de forma similar en la imagen objetivo, y eliminar el primer elemento de volumen etiquetado a base de dicha comparación.

15 Pueden compararse el valor de agua y el valor de grasa para un elemento de volumen en la imagen objetivo para analizar las propiedades para ese elemento de volumen. Esto puede proporcionar una relación agua-grasa para ese elemento de volumen a base de los niveles de intensidad para el elemento de volumen en los conjuntos de datos de imágenes. Esta información puede utilizarse para determinar el contenido de agua y grasa en el punto en el cuerpo representado por la imagen objetivo. Los distintos órganos pueden tener distinta relación agua-grasa debido a la composición de sustancias distintas en los órganos. La determinación de si una etiqueta de un elemento de volumen
 20 etiquetado es errónea puede ser a base de que dos elementos de volumen etiquetados de forma similar deberían tener una relación agua-grasa sustancialmente similar, o al menos tener relaciones agua-grasa dentro de un intervalo común. Por ejemplo, un músculo puede tener distinta relación agua-grasa en comparación con otro órgano tal como un hígado. Adicionalmente, cerca de un músculo, y también intercalada en el músculo, puede haber grasa que no sea parte del músculo. Cuando se define el volumen de órgano para ese músculo, puede desearse ignorar la
 25 grasa intercalada. La relación agua-grasa en un elemento de volumen en la grasa puede ser distinta de la relación agua-grasa en el músculo. Después, puede identificarse la grasa y puede eliminarse la etiqueta para el elemento de volumen en la grasa. En una realización, puede definirse un volumen de grasa de la misma manera que el volumen de órgano. Después, el volumen de gras puede ignorarse del volumen de órgano del músculo.

30 En otra realización, dicho análisis puede ser a base del emplazamiento geométrico del primer y segundo elementos de volumen etiquetados en la imagen objetivo.

Un elemento de volumen etiquetado que se emplaza cerca de un borde externo del cuerpo en la imagen objetivo, cuyo borde puede representar la piel del cuerpo en la imagen objetivo, puede determinarse que es incierto debido a
 35 que puede ser un gran riesgo que la etiqueta esté mal colocada. Determinando el emplazamiento geométrico de dos o más elementos de volumen etiquetados de forma similar, puede ignorarse un elemento de volumen etiquetado cerca del borde externo, es decir la etiqueta puede eliminarse de ese elemento de volumen. Esto puede aumentar la exactitud de la determinación de la extensión del volumen del órgano para el órgano que representa dicha etiqueta.

40 En otra realización, la imagen prototipo puede comprender un indicador sobre el que se basa dicho análisis.

La imagine prototipo puede comprender un indicador o criterio para un órgano específico, que puede utilizarse en el análisis de los elementos de volumen etiquetados. Tal indicador o criterio puede estar comprendido en la etiqueta que se transfiere de la imagen prototipo a la imagen objetivo. De este modo, una determinada etiqueta de órgano
 45 puede comprender un indicador o criterio para ese órgano, indicador o criterio sobre el que basa el análisis entre dos elementos de volumen etiquetados de forma similar en referencia a ese órgano, cuando se determina la exactitud de los emplazamientos de dichos elementos de volumen etiquetados. El análisis puede ser a base del nivel de intensidad para un elemento de volumen en la imagen objetivo, del conjunto de datos de imagen de agua y/o el conjunto de datos de imagen de grasa.

50 En una realización, la etapa de proporcionar una imagen prototipo puede comprender proporcionar una pluralidad de imágenes prototipo, en la que la etapa de transformación de la imagen prototipo puede comprender transformar la pluralidad de imágenes prototipo, etapa que puede estar seguida de una etapa de determinación de cuál de las imágenes prototipo transformadas se corresponde mejor con la imagen objetivo.

55 Utilizando una pluralidad de imágenes prototipo, se puede lograr una mejor coincidencia entre la imagen (o imágenes) prototipo y la imagen objetivo. Cuando se ha transformado cada una de las imágenes prototipo, puede realizarse una comparación entre cada una de las imágenes prototipo y la imagen objetivo para decidir cuál de las imágenes prototipo coincide mejor con la imagen objetivo. Esto proporciona una similitud aumentada adicional entre
 60 la imagen prototipo seleccionada y la imagen objetivo. La comparación puede ser a base de un valor final de una función de utilidad que se optimiza en el proceso de correregistro no rígido, o de una medida de similitud, tal como la correlación o la información mutua, entre la imagen prototipo deformada y la imagen objetivo. Puede seleccionarse para utilizarla como imagen prototipo final la imagen prototipo que proporcione un valor o medida que corresponda con una mejor coincidencia entre la imagen prototipo y la imagen objetivo.

65 En otra realización, dicha imagen prototipo puede ser una copia reflejada de dicho objetivo.

Muchos órganos, tales como los músculos, son similares en tamaño y posición entre la mitades izquierda y derecha de un cuerpo humano. De este modo, el método de acuerdo con la reivindicación 1 puede utilizarse para comparar órganos en la mitad izquierda con los correspondientes órganos en la mitad derecha. Puede prepararse una copia reflejada de la imagen objetivo para utilizarse como imagen prototipo. El lado derecho de la imagen prototipo puede, de este modo, compararse con el lado izquierdo de la imagen objetivo, y el lado izquierdo de la imagen prototipo puede compararse con el lado derecho de la imagen objetivo. Transformando la imagen prototipo para que se ajuste la imagen objetivo, puede detectarse una diferencia entre los órganos correspondientes en la imagen, es decir, dos lados del cuerpo en la imagen objetivo, a base de la cantidad de transformación necesaria de la imagen prototipo para que se ajuste a la imagen objetivo. Por ejemplo, el músculo del muslo izquierdo en un cuerpo puede compararse con el músculo del muslo derecho para detectar diferencias de tamaño. Puede ser importante detectar tal diferencia para prevenir una futura lesión. De este modo, puede proporcionarse un campo de deformación que representa la diferencia entre los dos lados del cuerpo. Tal campo de deformación puede visualizarse para las imágenes completas, de forma que pueden analizarse las diferencias. Para clasificar los órganos en la imagen objetivo y/o la imagen reflejada puede utilizarse una imagen prototipo adicional. La imagen prototipo adicional puede comprender elementos de volumen etiquetados como se describe anteriormente, y puede transformarse de forma que los elementos de volumen etiquetados puedan transferirse a la imagen objetivo. De este modo, el método puede proporcionar un proceso automático para detectar una diferencia entre los dos lados de la imagen de un cuerpo para un órgano específico clasificado. Se puede cuantificar adicionalmente el campo de deformación para distintos órganos en la imagen objetivo.

En una realización adicional, el método puede comprender adicionalmente una etapa de interpolar valores del elemento de volumen etiquetado en un volumen de órgano continuo, a base del valor de agua predeterminado en el elemento de volumen etiquetado.

Interpolando los valores del elemento de volumen etiquetado normalizado, se puede lograr un volumen de órgano homogéneo. Después, este volumen homogéneo puede utilizarse para calibrar la parte correspondiente del volumen de imagen de agua para obtener una imagen de agua cuantitativa. La interpolación de los valores de los elementos de volumen etiquetados a base del valor de agua predeterminado, puede realizarse de una manera correspondiente al método de interpolación para valores de grasa descrito en el documento EP2283376. De este modo, todos los elementos de volumen en un órgano particular pueden tener un valor de agua común para proporcionar una imagen de agua normalizada homogénea. Por ejemplo, un elemento de volumen muscular etiquetado puede tener en el conjunto de datos de imagen de agua un valor de intensidad de 0,8. Dado que se identifica como presente en un órgano muscular, su valor de agua, es decir el valor de intensidad en la imagen de agua, puede ajustarse a 1. La escala del valor de agua predeterminado puede seleccionarse a base de la información deseada procedente del órgano particular. Si se identifican y calibran músculos, un valor de agua predeterminado de 1 puede representar el 100 por ciento del tejido muscular en ese volumen. Si se identifica y calibra un hígado, el valor de agua predeterminado 1 puede representar algo más. La interpolación puede ser a base de la diferencia entre el valor de agua predeterminado y el valor de agua real del elemento de volumen etiquetado.

Este método de normalización de órganos puede permitir la representación de volumen de una imagen objetivo de RM utilizando las funciones de transferencia. Adicionalmente puede permitir una mejora del mapeo del valor de atenuación de Hounsfield mediante la proporción una estimación mejorada del valor de atenuación de Hounsfield en los órganos.

La identificación de elementos de volumen de una imagen que pertenecen a un órgano específico puede ser a base de diversos criterios y de combinaciones de los mismos.

Un criterio para identificar elementos de volumen con una elevada probabilidad de que contengan un tipo de órgano o tejido específico puede ser a base de una operación de formación de umbrales, en donde se excluyan los elementos de volumen con niveles de intensidad más bajos que un límite inferior o más elevados que un límite superior. La piel se puede eliminar o identificar mediante una operación sobre el elemento de volumen de la imagen por fuera de una máscara corporal erosionada, en donde la máscara corporal puede crearse utilizando una operación de formación de umbrales en una imagen de grasa y de agua combinada, seguido de una operación que cierre agujeros en la máscara corporal creada.

Los elementos de volumen de la imagen con una elevada probabilidad de estar afectados por efectos de volumen parcial, pueden excluirse mediante una operación en donde se excluyen los elementos de volumen que pertenecen a una imagen de máscara de grasa dilatada. La imagen de máscara de grasa puede crearse identificando todos los elementos de volumen con un nivel de intensidad de señal de grasa por encima de un determinado nivel umbral y con un valor elevado de la imagen de grasa, dividido por la grasa más la imagen de agua.

Las regiones con elevada probabilidad de clasificarse de forma falsa como que pertenecen a un determinado órgano pueden excluirse indicando un campo de etiqueta correspondiente en la imagen de etiqueta que corresponde a la imagen prototipo de acuerdo con la reivindicación 1.

La presente invención puede utilizarse en diversas aplicaciones, tales como: caracterización de la atrofia muscular, control de los cambios temporales en el volumen muscular durante intervenciones, rehabilitación de lesiones; mediciones de la asimetría del tejido muscular; representación de volumen utilizando funciones de transferencia también para imágenes de RM; mapeo de los valores de atenuación de Hounsfield definidos en un prototipo para una imagen de RM, para usar imágenes de RM para la corrección de atenuación en la formación de imágenes por TEP y medición de la composición corporal; utilizando la técnica descrita se pueden medir las siguientes características de composición corporal:

- 5
 - 10
 - 15
 - 20
 - 25
 - 30
- Volumen de tejido adiposo visceral- TAV;
 Volumen de tejido adiposo subcutáneo - TAS;
 Volumen del tejido adiposo total -TAT;
 Volumen hepático;
 Volumen de la grasa hepática;
 Volumen muscular;
 Volumen de la grasa muscular;
 Volumen cerebral;
 Volumen de la médula ósea;
 Volumen corporal (excluyendo o incluyendo regiones de baja intensidad de señal relacionadas con las vías respiratorias y los pulmones);
 Volumen de otros órganos con elevado contenido de agua. Estos órganos pueden determinarse identificando los elementos de volumen de imagen de agua con nivel de intensidad por encima de un determinado nivel umbral en las regiones de la imagen sin otras definiciones de órganos. El contenido de agua en los elementos del conjunto de datos de imagen de agua identificados también puede corregirse sustrayendo el volumen de grasa integrado de los elementos de volumen correspondientes en el conjunto de datos de imagen de grasa;
 Tejido adiposo pardo relacionado con el volumen de la imagen. Esto puede identificarse integrando los elementos de volumen de la imagen con una intensidad dentro de un intervalo específico de proporción grasa/(grasa + agua), que también satisface un criterio de tener suficiente tamaño de objeto para permitir la separación de los elementos de volumen que satisfacen el criterio de la proporción de grasa y agua, debido a los efectos de volumen parciales. Además, este criterio puede afinarse mediante definiciones anatómicas en la imagen prototipo utilizada para la clasificación de la imagen, para excluir regiones en la imagen con elevada probabilidad de falsa identificación de tejido adiposo pardo.

Además, si la medición de la composición corporal se combina con el pesaje preciso del sujeto del que se tomó la imagen, se pueden utilizar densidades tabuladas de distintos órganos para caracterizar la masa de órganos sin señal visible en experimentos de formación de imágenes por RM convencionales, tales como el hueso o los sólidos.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá la invención con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 40
 - 45
- La Fig. 1 muestra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización de la invención.
 La Fig. 2 muestra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización de la invención.
 La Fig. 3 muestra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización de la invención.
 La Fig. 4 muestra una vista esquemática de imágenes corporales utilizadas en un método de acuerdo con una realización de la invención.
 La Fig. 5 muestra una vista esquemática de una imagen corporal utilizada en un método de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción de las realizaciones

- 50
 - 55
- La presente invención se describirá de forma más detallada en lo sucesivo en este documento con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran las realizaciones preferentes de la invención. La presente invención puede, sin embargo, realizarse en muchas formas distintas y no debería considerarse como limitada a las realizaciones expuestas en el presente documento; más bien, estas realizaciones se proporcionan para que la presente divulgación sea exhaustiva y completa, y transmita de forma completa el ámbito de la invención a los expertos en la materia. En los dibujos, los números iguales se refieren a elementos iguales.

- 60
- La Fig. 1 ilustra un diagrama de flujo de un método 100 de acuerdo con una realización, para el registro y clasificación de órganos en un cuerpo. El método 100 comprende una primera etapa 102 en la que se recibe una imagen tomográfica tridimensional. La imagen se proporciona a partir de un aparato de exploración médico, tal como un escáner de resonancia magnética (RM) o un escáner de tomografía computarizada (TC). La imagen tomográfica recibida es una imagen objetivo, es decir la imagen en la cual se registrarán y clasificarán los órganos. La imagen objetivo puede ser una imagen tomográfica tridimensional de un cuerpo humano o una parte de un cuerpo humano.

- 65
- La imagen objetivo es una imagen de datos de multicampo, que comprenden un conjunto de datos de imagen de agua y un conjunto de datos de imagen de grasa. Cada elemento de volumen (vóxel) en la imagen objetivo tiene un

valor de datos en el conjunto de datos de imagen de agua y un valor de datos en el conjunto de datos de imagen de grasa.

5 En la etapa 104 se proporciona una imagen prototipo. La imagen prototipo también es una imagen tomográfica tridimensional, preferentemente también con un origen procedente de un escáner de RM o TC. En una preeetapa (no mostrado), se crea la imagen prototipo, en la que un operador identifica en la imagen prototipo de forma manual distintos órganos en el cuerpo. En un órgano identificado, el operador ajusta una etiqueta a al menos un elemento de volumen en la imagen prototipo, dentro del órgano identificado. De este modo, se clasifica el órgano identificado en la imagen prototipo. La imagen prototipo puede comprender una pluralidad de distintas etiquetas para órganos distintos. La creación de la imagen prototipo es una operación puntual. La misma imagen prototipo se utiliza para muchos procesos de clasificación, para muchas imágenes objetivo.

15 En la etapa 106, se calcula un campo de deformación y se utiliza para la transformación de la imagen prototipo. El campo de deformación se calcula sobre cómo debería deformarse un conjunto de datos en la imagen prototipo para un órgano específico para ajustarse mejor a la forma del órgano correspondiente en la imagen objetivo. Tal cálculo se realiza en la imagen prototipo completa y la imagen prototipo se transforma, o deforma, de forma correspondiente.

20 Por la parte de adentro de un volumen de un órgano en la imagen prototipo se proporciona una etiqueta a al menos un elemento de volumen, como se presenta anteriormente. Aplicando el campo de deformación en la imagen prototipo, de forma que la forma del órgano actual en la imagen prototipo se ajusta al órgano correspondiente en la imagen objetivo, la probabilidad de que dicho elemento de volumen etiquetado en la imagen prototipo acabe dentro del órgano correspondiente en la imagen objetivo es elevada. Después, el elemento de volumen etiquetado se transfiere, de acuerdo con la etapa 108, a la imagen objetivo. Debido a la deformación de la imagen prototipo, en la que la forma de un volumen de órgano en la imagen prototipo se deforma para ajustarse a un volumen de órgano correspondiente en la imagen objetivo, y en que el volumen de órgano en la imagen prototipo incluye un elemento de volumen etiquetado para el órgano actual, el elemento de volumen etiquetado en la imagen prototipo puede transferirse a la imagen objetivo y, de este modo, etiquetar con elevada precisión el órgano en la imagen objetivo.

30 Todas estas etapas se pueden realizar de forma automática, por ejemplo mediante un dispositivo informático, con la imagen objetivo y la imagen prototipo como entrada, y sin necesidad de interacción manual.

35 El resultado procedente de una clasificación, es decir, la imagen objetivo con volúmenes de órgano identificados y etiquetados, puede utilizarse tras el análisis como una nueva imagen prototipo en un futuro proceso de clasificación.

40 La Fig. 2 ilustra el método 100 en una realización en la que la etapa 106 comprende dos etapas 106a, 106b. La primer subetapa 106a comprende aplicar un correregistro no rígido de la imagen prototipo sobre la imagen objetivo. El experto podrá conocer una pluralidad de métodos de correregistro no rígido para aplicar en dos imágenes. Como ejemplo, tal correregistro no rígido puede ser Demons o Morphon (véase la referencia anterior).

45 En general, el correregistro no rígido puede describirse como sigue. Se definen mediante el análisis de la imagen los bordes de un órgano u otra parte contrastada en la imagen prototipo. Los bordes se definen a base de las propiedades de los elementos de volumen en la imagen, por ejemplo a base del nivel de intensidad en los elementos de volumen. De este modo puede detectarse un gradiente para definir un borde. La imagen prototipo se compara con la imagen objetivo y se identifican los bordes o partes contrastadas correspondientes en la imagen objetivo, adyacentes al emplazamiento del borde correspondiente en la imagen prototipo. Se calcula la diferencia en el emplazamiento de los elementos de volumen del borde correspondientes en las dos imágenes para identificar cómo los elementos de volumen del borde en la imagen prototipo deberían moverse para alcanzar un emplazamiento correspondiente al de la imagen objetivo. Aplicando esto a un borde completo de un volumen de órgano en la imagen prototipo, se proporciona un campo de deformación que define cómo los elementos de volumen del borde que definen la forma del volumen de órgano deberían moverse para adaptarse a la forma del volumen de órgano correspondiente en la imagen objetivo. Tal correregistro no rígido proporciona un campo de deformación para la imagen prototipo.

55 En la siguiente subetapa 106b, el campo de deformación se utiliza en la imagen prototipo para deformar la imagen de prototipo para maximizar la similitud entre las dos imágenes. Esto se realiza a base del cuerpo completo visualizado en las imágenes.

60 Si el correregistro no rígido ha sido perfecto, la transformación de estas etiquetas de acuerdo con el campo de deformación etiquetaría de forma perfecta todos los elementos de volumen correspondientes en la imagen objetivo. Sin embargo, debido a las variaciones anatómicas en muchos órganos y tejidos en un cuerpo y al hecho de que el proceso de correregistro no rígido debe restringirse a deformaciones relativamente lisas, en muchos casos no es posible un ajuste perfecto de todos los elementos de volumen prototipo a los elementos de volumen objetivo correspondientes. Esta es la razón por la que solo un subconjunto de los elementos de volumen está etiquetado. 65 Estos elementos de volumen etiquetados se eligen de forma que mantengan con elevada probabilidad una etiqueta correcta tras la deformación.

La Fig. 3 ilustra el método 100 que comprende adicionalmente dos etapas opcionales respectivas. En la etapa 108, los elementos de volumen etiquetados para un órgano en la imagen prototipo se transfieren a la imagen objetivo. De este modo, se logra una imagen objetivo que comprende un elemento de volumen etiquetado para un órgano, clasificando de este modo ese órgano en la imagen objetivo. Para etiquetar los elementos de volumen restantes en la imagen objetivo se aplica una etapa de segmentación de "crecimiento de regiones" 110, utilizando los elementos de volumen etiquetados transferidos como comienzo. Este tipo de métodos de segmentación se inician en uno o más puntos de inicio definidos, es decir los elementos de volumen etiquetados. A partir de allí, el conjunto de elementos de volumen etiquetados crece hasta cumplir un criterio de finalización. Tal criterio de finalización puede ser por ejemplo una interfaz visible (gradiente) en la imagen objetivo, o que la región etiquetada (órgano) se encuentre con otra región con una etiqueta contradictoria (por ejemplo, el fondo de otro órgano o imagen). Existen numerosos métodos basados en crecimiento de regiones distintos, por ejemplo Watershed o IFT (*Image Foresting Transform*. Falcao, A.X. Stolfi, J. de Alencar Lotufo, R.: "The image foresting transform: theory, algorithms, and applications", en PAM I, 2004).

- 5
- 10
- 15 En la imagen objetivo se pueden segmentar y clasificar una pluralidad de órganos. Después, la imagen objetivo tridimensional puede visualizar los órganos etiquetados. Además, cuando los órganos se han segmentado y clasificado, se le puede dar a cada uno un color individual en la imagen objetivo, lo que potenciaría adicionalmente la visualización de los órganos en la imagen objetivo.
- 20 Cuando se visualiza el resultado de clasificación final pueden identificarse las etiquetas erróneas. En tales casos, es posible corregir esta clasificación errónea añadiendo de forma manual nuevos elementos de volumen etiquetados con etiquetas correctas en las regiones clasificadas de forma errónea, utilizando por ejemplo, IFT. También es posible eliminar de forma manual etiquetas en los elementos de volumen que eventualmente se han transformado en el órgano erróneo. Tras añadir una o un conjunto de nuevas etiquetas, se recalcula el crecimiento de regiones y se visualizan los resultados nuevos. Este proceso se repite hasta que se obtiene un resultado satisfactorio.
- 25

La Fig. 4 ilustra el método 100 a la vista de una representación de una imagen parcial esquemática. En la figura se proporciona una imagen prototipo 10 y una imagen objetivo 20. Las imágenes 10, 20 se ilustran como parte de una imagen corporal. La imagen prototipo 10 comprende un órgano 12 que incluye dos elementos de volumen etiquetados 16 introducidos de forma manual. La imagen objetivo 20 comprende un órgano correspondiente 22. En la etapa 106 de transformación de la imagen prototipo 10, se detecta el borde 14 del órgano 12 en la imagen prototipo 10. Se detecta el borde correspondiente 24 para el órgano 22 en la imagen objetivo. Un campo de deformación determina cómo el borde 14 de la imagen prototipo 10 debería deformarse para adaptarse a la forma del borde 24 en la imagen objetivo 20. El campo de deformación se aplica sobre la imagen prototipo 10 lo que da como resultado una imagen prototipo deformada 10' que comprende un órgano deformado 12' con un borde deformado 14'. Los elementos de volumen etiquetados 16 todavía están incluidos en el órgano 12'. El emplazamiento de los elementos de volumen etiquetados 16 en el órgano 12' puede haber cambiado ligeramente debido a la deformación del órgano 12'. Sin embargo, estarán todavía incluidos en la parte de adentro del órgano 12'.

- 30
- 35
- 40 La forma del órgano 12' en la imagen prototipo 10' ahora se adapta en gran medida a la forma del órgano 22 en la imagen objetivo 20. Las etiquetas de los elementos de volumen etiquetados 16 en la imagen prototipo 10 ahora se copian a los elementos de volumen 26 correspondientes en la imagen objetivo 20. Debido a la deformación de la imagen prototipo 10, los elementos de volumen etiquetados 26 nuevos en la imagen objetivo 20 se incluirán en el órgano 22 en la imagen objetivo 20.
- 45

Para segmentar el órgano 22 en la imagen objetivo 20, se detecta el borde 24 del órgano 22 y con un punto inicial en los elementos de volumen etiquetados 26, se define un volumen de órgano y se da la presente etiqueta, de acuerdo con un método de crecimiento de regiones, como se presenta anteriormente.

- 50
- 55 La Fig. 5 ilustra cuando el método divulgado se utiliza realizando el registro de asimetría. El registro de asimetría puede utilizarse para identificar diferencias entre las partes corporales derecha e izquierda en un cuerpo. En este caso, solo se necesita una imagen antes del corregistro no rígido. Como imagen prototipo 10 se utiliza una copia reflejada de la imagen objetivo 20. La imagen prototipo 10, es decir la copia reflejada, se deforma para ajustarse a la imagen objetivo 20, es decir la imagen no reflejada. Después de eso, se determina la divergencia del campo de deformación resultante. La divergencia ilustra cómo cada volumen de órgano se expande y comprime para ajustarse a la imagen objetivo 20. Se utiliza un órgano 12a en la mitad izquierda de la imagen objetivo 20 como base para la deformación de un órgano 12b en la imagen prototipo 10. El mismo órgano 12b se utiliza como una base para la deformación del órgano 12a en la imagen prototipo 10. Por ejemplo, cuando la imagen prototipo 20 se deforme para ajustarse a la imagen objetivo 10, si el órgano izquierdo 12a es más grande que el órgano derecho 12b, el órgano derecho 12b en la imagen prototipo 10 se comprimirá, y el órgano izquierdo 12a en la imagen prototipo 10 se expandirá,.
- 60

- 65 En los dibujos y en la memoria descriptiva se han divulgado realizaciones preferentes y ejemplos de la invención y, aunque se emplean términos específicos, se utilizan solo en un sentido genérico y descriptivo y no para fines de limitación, exponiéndose el ámbito de la invención en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método de clasificación de órganos en una imagen tomográfica recibida a partir de un escáner de resonancia magnética (RM), en donde el método comprende las etapas de:

5 recibir (102) una imagen objetivo, tomográfica, anatómica y tridimensional que comprende un conjunto de datos de imagen de agua y un conjunto de datos de imagen de grasa, cada uno con una pluralidad de elementos de volumen,

10 proporcionar (104) una imagen prototipo que comprende un conjunto de datos de imágenes tridimensionales con una pluralidad de elementos de volumen, en donde se da una etiqueta de órgano a un subconjunto de elementos de volumen,

15 transformar (106) la imagen prototipo aplicando un campo de deformación sobre los elementos de volumen de la imagen prototipo de forma que cada elemento de volumen etiquetado para un órgano actual se determina que es equivalente a un emplazamiento para un elemento de volumen en un órgano correspondiente en la imagen objetivo,

transferir (108) las etiquetas de los elementos de volumen etiquetados de la imagen prototipo a los elementos de volumen correspondientes de la imagen objetivo, en donde los elementos de volumen etiquetados de forma similar en la imagen objetivo definen un volumen de órgano que representa un órgano actual,

20 extender (110) dicho volumen de órgano al órgano completo basándose en las propiedades en la imagen objetivo, **caracterizado por que** el método comprende adicionalmente las etapas de

calibrar la imagen objetivo basándose los órganos etiquetados en el conjunto de datos de imagen de agua, en donde se da un valor de agua predeterminado a cada elemento de volumen etiquetado en la imagen objetivo,

25 y sustraer de dicho valor de agua predeterminado el valor de grasa del elemento de volumen etiquetado en el conjunto de datos de imagen de grasa.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de extender (110) el volumen de órgano comprende detectar un borde del órgano en la imagen objetivo.

30 3. Método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde el método comprende adicionalmente una etapa de introducir de forma manual (112) una etiqueta en, o eliminar una etiqueta de, un elemento de volumen en la imagen objetivo, en donde dicha etapa manual está seguida de una redefinición del volumen de órgano en referencia a la presente etiqueta.

35 4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la etapa de transformar (106) la imagen prototipo comprende aplicar un corregistro no rígido de la imagen prototipo sobre la imagen objetivo para aumentar la similitud entre la imagen prototipo y la imagen objetivo, y en donde el corregistro no rígido proporciona dicho campo de deformación que representa una imagen prototipo deformada.

40 5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende adicionalmente la etapa de eliminar la etiqueta de un primer elemento de volumen etiquetado en la imagen objetivo basada en un análisis de dicho primer elemento de volumen etiquetado en comparación con un segundo elemento de volumen etiquetado de forma similar en la imagen objetivo.

45 6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicho análisis comprende un análisis de dicho primer elemento de volumen etiquetado en el conjunto de datos de imagen de agua y en el conjunto de datos de imagen de grasa en comparación con el segundo elemento de volumen etiquetado de forma similar en el conjunto de datos de imagen de agua y el conjunto de datos de imagen de grasa.

50 7. Método de acuerdo con las reivindicaciones 5 o 6, en el que la etapa de eliminar un primer elemento de volumen etiquetado comprende determinar una relación agua-grasa para el primer elemento de volumen etiquetado, comparar dicha relación agua-grasa con una relación agua-grasa correspondiente para el segundo elemento de volumen etiquetado de forma similar en la imagen objetivo y eliminar el primer elemento de volumen etiquetado basándose en dicha comparación.

55 8. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicho análisis se basa en el emplazamiento geométrico del primer y del segundo elementos de volumen etiquetados en la imagen objetivo.

60 9. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la imagen prototipo comprende un indicador sobre el que se basa dicho análisis.

65 10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de proporcionar (104) una imagen prototipo comprende proporcionar una pluralidad de imágenes prototipo, en donde la etapa de transformar la imagen prototipo comprende transformar la pluralidad de imágenes prototipo, etapa que va seguida de una etapa de determinar cuál de las imágenes prototipo transformadas corresponde mejor con la imagen objetivo.

11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que dicha imagen prototipo es una copia reflejada de dicha imagen objetivo.
- 5 12. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el método comprende adicionalmente una etapa de interpolación de los elementos de volumen etiquetados en un volumen de órgano homogéneo basado en los valores de agua predeterminados en los elementos de volumen etiquetados.

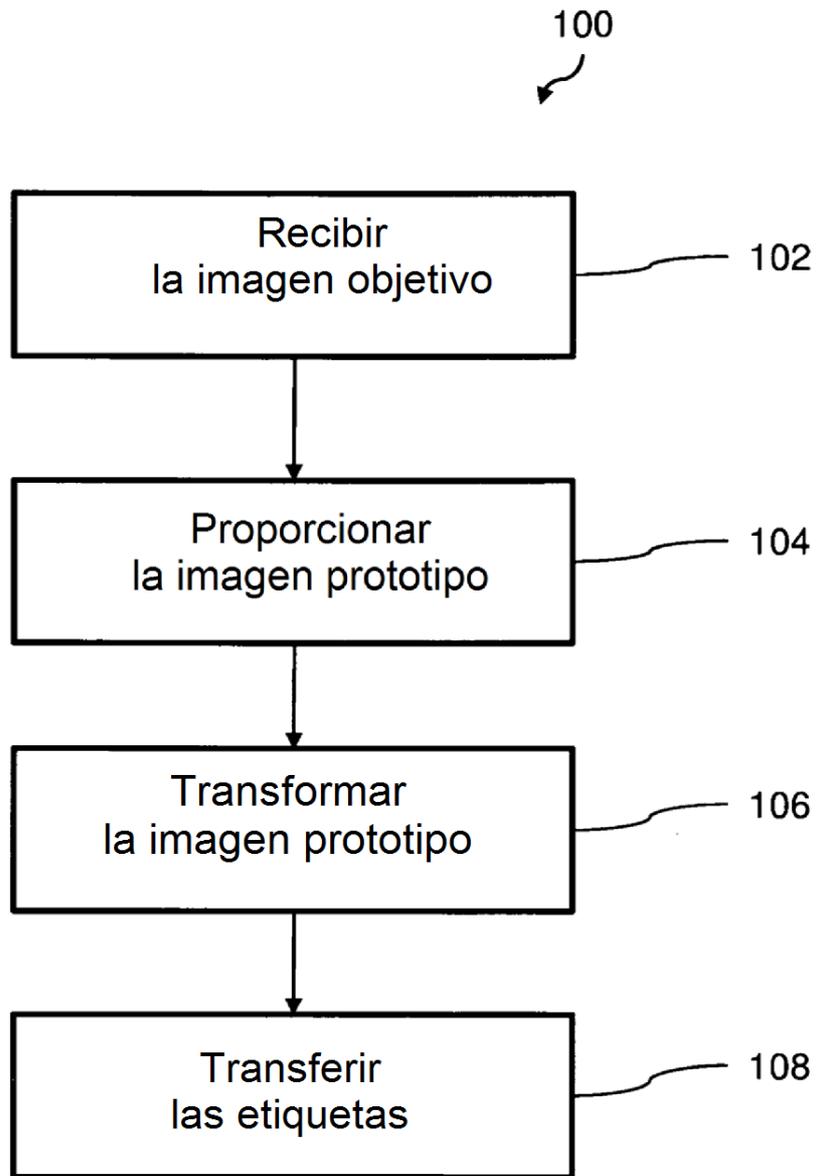


Fig. 1

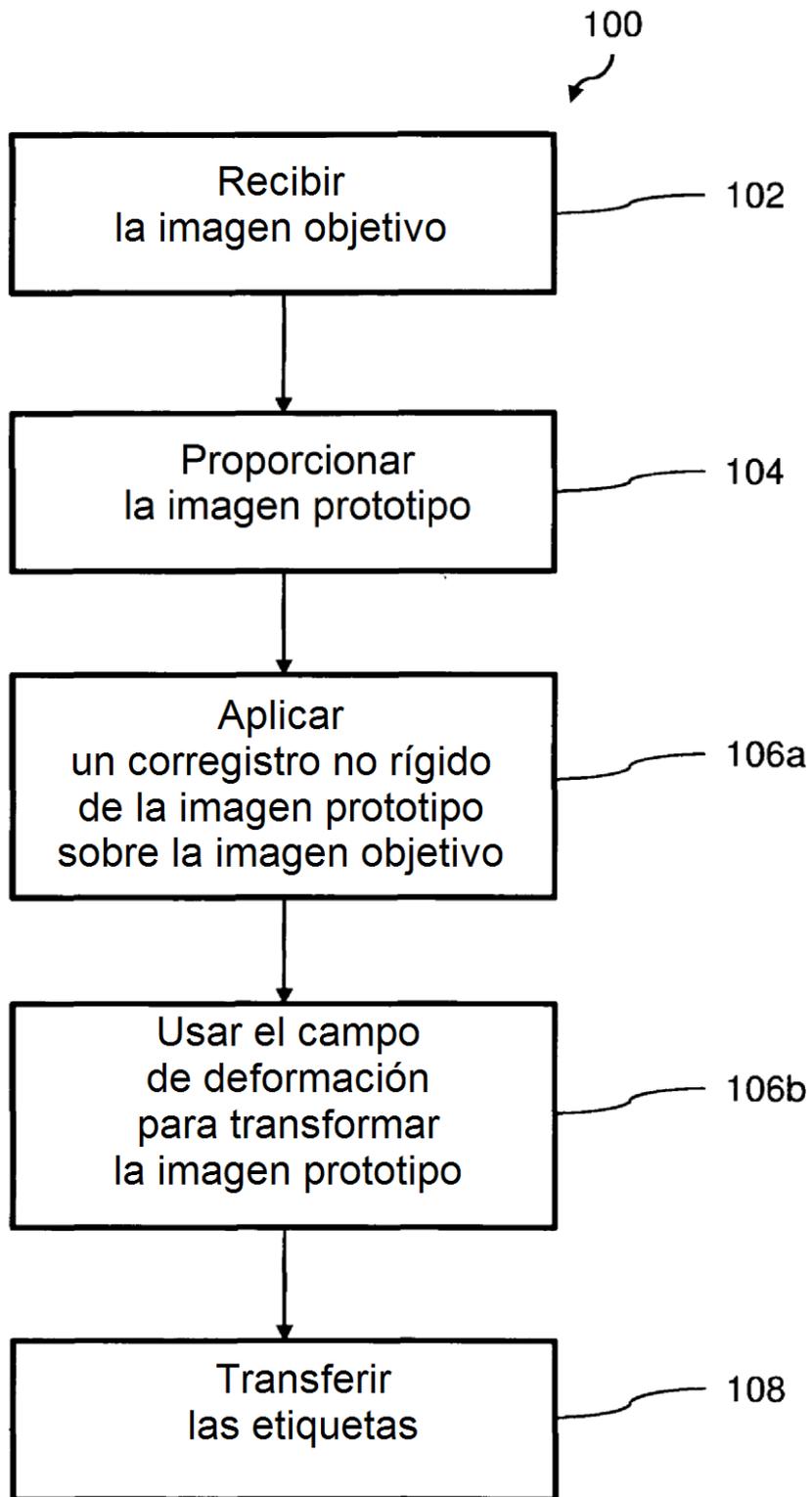


Fig. 2

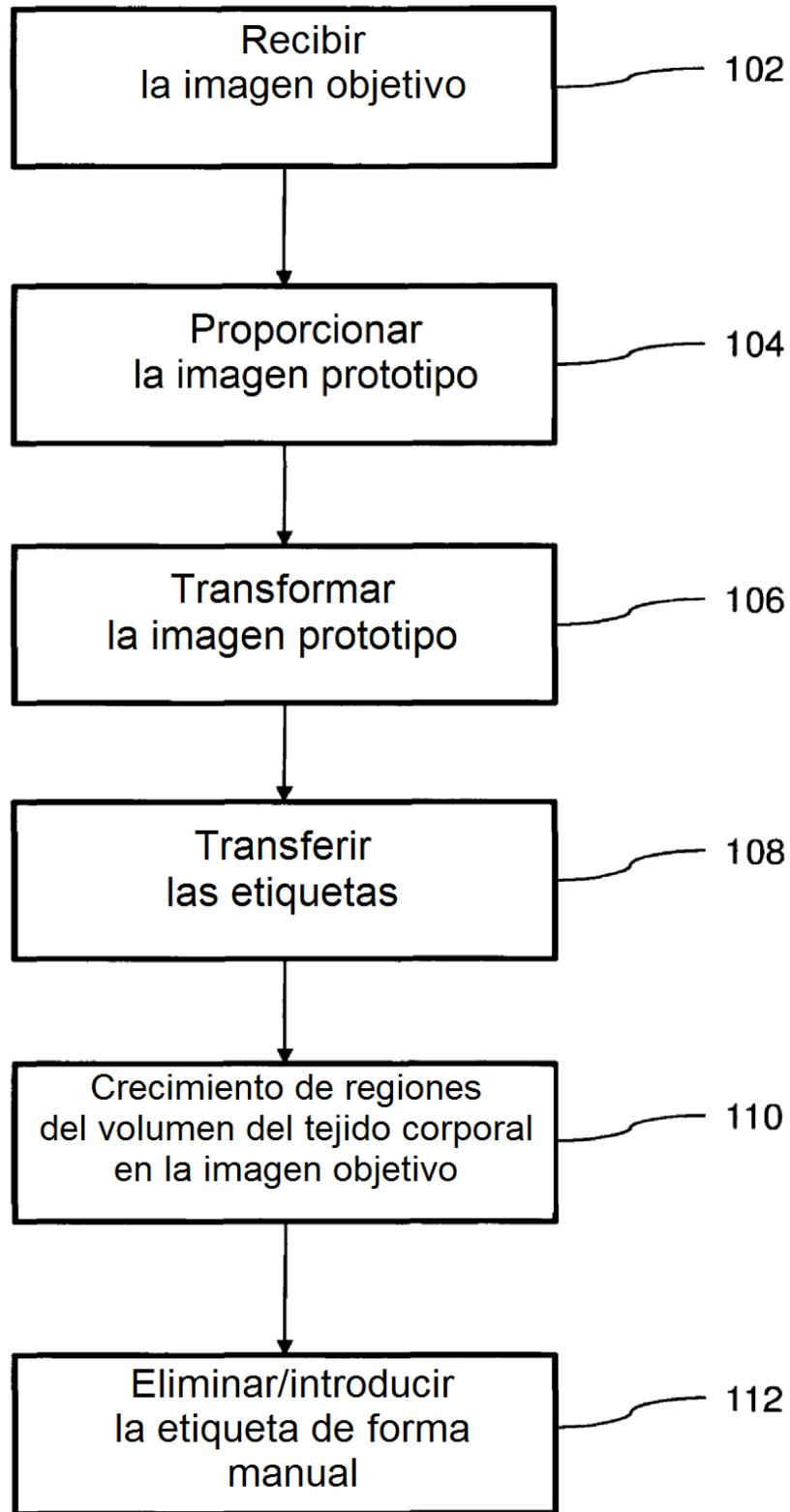


Fig. 3

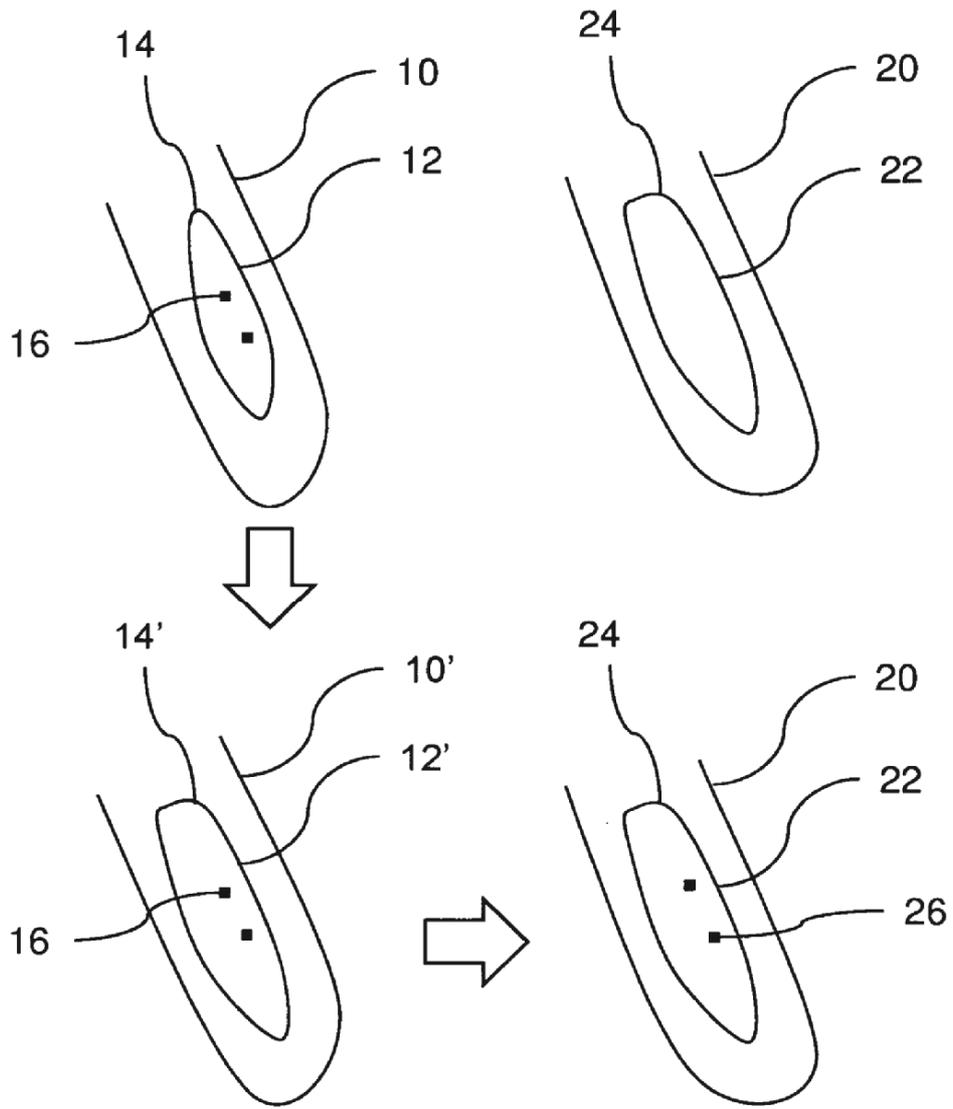


Fig. 4

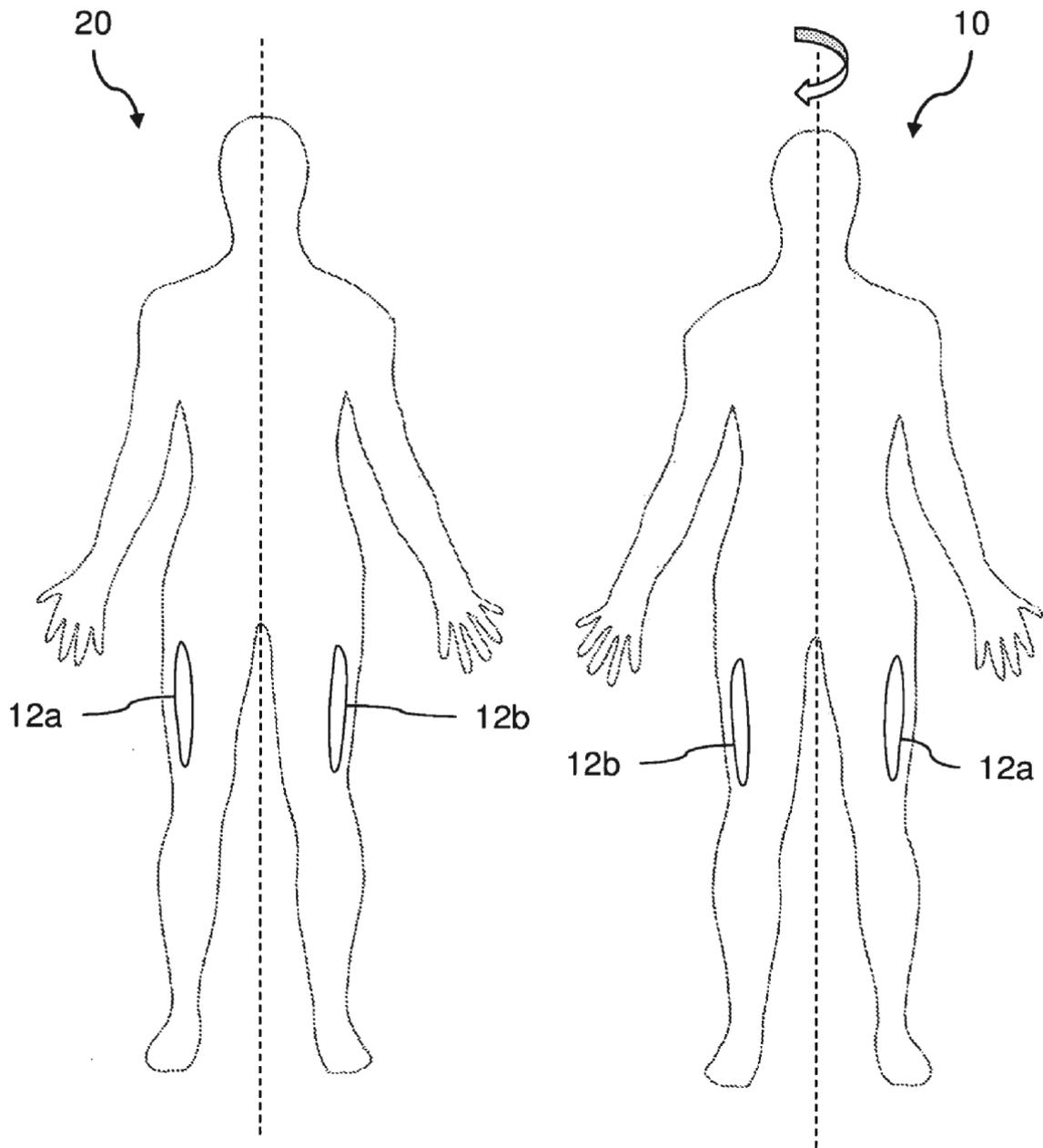


Fig. 5