

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 355**

51 Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2007.01)

G06T 7/60 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2007 PCT/US2007/076726**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.02.2008 WO08024954**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2007 E 07841321 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 2054839**

54 Título: **Sistema y método para clasificar unidades foliculares**

30 Prioridad:

25.08.2006 US 467268

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

28.05.2020

73 Titular/es:

**RESTORATION ROBOTICS, INC. (100.0%)
128 Baytech Drive
San Jose, CA 95134, US**

72 Inventor/es:

**QURESHI, SHEHRZAD A. y
BODDULURI, MOHAN**

74 Agente/Representante:

VÁZQUEZ FERNÁNDEZ-VILLA, Concepción

ES 2 763 355 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

Sistema y método para clasificar unidades foliculares

5 **Campo de invención**

Esta invención se refiere en general a procedimientos de trasplante capilar y más particularmente a un sistema y método para clasificar unidades foliculares usando técnicas digitales de obtención de imágenes y procesamiento para su uso en procedimientos de trasplante capilar.

10

Antecedentes

Los procedimientos de trasplante capilar se conocen bien y, normalmente implican (en un paciente que tiene calvicie de patrón masculino) recoger injertos de cabello de donante de las zonas marginales laterales y traseras (zonas donantes) del cuero cabelludo del paciente e implantarlos en una zona calva (zonas receptoras). Históricamente, los injertos recogidos eran relativamente grandes (3-5 mm), aunque más recientemente, los injertos donantes pueden ser unidades foliculares individuales. En particular, las "unidades foliculares" (también denominadas en el presente documento FU) son agregados que se producen de manera natural de 1-3 (y mucho menos comúnmente, 4-5) folículos pilosos estrechamente separados que se distribuyen aleatoriamente sobre la superficie del cuero cabelludo.

15

20

25

30

Las unidades foliculares pueden clasificarse o "tipificarse" basándose en el número de cabellos en la unidad y pueden identificarse en forma abreviada como "F1" para una unidad folicular de cabello individual, "F2" para una unidad folicular de dos cabellos, etc., para unidades foliculares con 3-5 cabellos. En algunos casos de unidades foliculares de múltiples cabellos, puede parecer que los cabellos emanan de un único folículo o punto de la piel. En otros casos, los cabellos pueden salir de la superficie de la piel en posiciones ligeramente separadas, pero convergen en una unidad folicular individual debajo de la piel. En referencia a la figura 1, se muestra una impresión de una imagen digital de una sección a modo de ejemplo de un cuero 11 cabelludo humano que tiene una variedad de tipos de unidades foliculares. Por ejemplo, la unidad 13 folicular tiene dos cabellos y por tanto, es un F2, mientras que la unidad 15 folicular es un F1 ya que tiene un cabello individual. De manera similar, la unidad 17 folicular parece ser un F3 que tiene tres cabellos.

35

40

Hay varios motivos por los que es importante y deseable identificar y clasificar las unidades foliculares basándose en el número de cabellos en la unidad folicular. Por un lado, es preferible trasplantar determinadas clases de unidades foliculares en regiones específicas del cuero cabelludo. Por ejemplo, las unidades foliculares de cabello individual (F1) se implantan comúnmente a lo largo de la línea de nacimiento del cabello que enmarca la cara. Las unidades foliculares con más de un cabello (F2, F3, etc.) se implantan comúnmente en la parte media del cuero cabelludo en y la coronilla. Se cree que esta disposición de distribución de unidades foliculares produce un resultado estético de aspecto más natural. Aun así, puede ser deseable utilizar una variedad de clases (también denominadas "tipos") de unidades foliculares para proporcionar los atributos deseados para el aspecto del cabello trasplantado. Tales atributos pueden incluir la densidad del cabello, la dirección u orientación del cabello, la mezcla particular de tipos de unidades foliculares y/o la aparición de aleatoriedad, entre otros posibles atributos.

45

50

55

60

Además de clasificar las unidades foliculares basándose en el número de cabellos que contienen, también puede ser conveniente ubicar e identificar los puntos de extremo de cada uno de tales cabellos en una unidad folicular al planificar y realizar los procedimientos de trasplante capilar. Un punto de extremo, ubicado normalmente sobre la superficie de la piel y denominado "cola" es el punto desde el cual uno o más cabellos de la unidad folicular emergen de la piel. Otro punto de extremo se llama "cabeza" y corresponde a la punta de cada cabello de la unidad folicular que se encuentra por encima de la superficie de la piel. Por tanto, una unidad folicular de cabello individual tiene una cabeza, mientras que una unidad folicular de dos cabellos tiene dos cabezas. Otro punto de extremo de la unidad folicular ubicada por debajo de la superficie de la piel se denomina "bulbo" y corresponde a la ubicación/punto de extremo donde uno o más cabellos de la unidad folicular se originan de manera subcutánea. Una razón por la que es deseable conocer la ubicación de varios puntos de extremo relevantes es poder recoger la unidad folicular y luego implantarla sin dañarla ni a sus partes. Por ejemplo, si una unidad folicular F2 tiene un cabello más largo que el otro, de modo que la cabeza 1 está ubicada más lejos de la piel que la cabeza 2, a menudo indica que debajo de la piel, la dirección principal de la unidad folicular se extiende en la dirección del eje del cabello que tiene la cabeza 1. Por tanto, conocer la ubicación de cada cabeza de una unidad folicular puede ayudar a determinar el ángulo y la orientación de la unidad folicular por debajo de la superficie de la piel, que a su vez puede usarse para situar mejor la herramienta de recogida, reduciendo así la posibilidad de transección del cabello durante la recogida y también mejorando la eficacia del procedimiento de trasplante capilar.

65

Se han divulgado previamente diversos procedimientos para el trasplante capilar, incluyendo tanto manuales como mecanizados con determinados grados de automatización. En un procedimiento manual bien conocido, se retira una parte lineal del cuero cabelludo de una zona donante mediante disección con un bisturí hacia el tejido graso subcutáneo. La tira se disecciona (bajo un microscopio) para dar las unidades foliculares componentes, que luego se implantan en una zona receptora en orificios de punción respectivos practicados con una aguja. Normalmente se usan pinzas para agarrar y colocar los injertos de unidad folicular en las ubicaciones de punción de la aguja, aunque

se conocen otros instrumentos y métodos para hacer esto.

En "Androgenetic Alopecia" (Springer 1996), M. Inaba e Y. Inaba dan a conocer y describen un método manual para recoger unidades foliculares individuales colocando una aguja de punzón hueca que tiene un borde cortante y una luz interior con un diámetro de 1 mm, que es aproximadamente igual al diámetro de las partes anatómicas críticas de una unidad folicular. El punzón de la aguja se alinea axialmente con un eje de una unidad folicular que va a extraerse y luego se hace avanzar hacia el cuero cabelludo para cortar el cuero cabelludo alrededor de la circunferencia de la unidad folicular seleccionada. Posteriormente, las unidades foliculares se retiran fácilmente, por ejemplo, usando pinzas, para su posterior implantación en un sitio receptor con una aguja de inserción especialmente diseñada.

La patente estadounidense n.º 6.585.746 da a conocer un sistema automatizado de trasplante capilar que utiliza un robot, que incluye un brazo robótico y un introductor de folículo piloso asociado con el brazo robótico. Se usa un sistema de vídeo para producir una imagen virtual tridimensional del cuero cabelludo del paciente, que se usa para planificar las ubicaciones del cuero cabelludo que recibirán injertos de cabello implantados por el introductor de folículo bajo el control del brazo robótico.

Los sistemas y métodos automatizados para trasplante también se dan a conocer en la solicitud de patente provisional estadounidense con números de serie 60/722.521, presentada el 30 de septiembre de 2005, 60/753.602, presentada el 22 de diciembre de 2005 y 60/764.173, presentada el 31 de enero de 2006, y las solicitudes de patente estadounidense con números de serie 11/380.903, presentada el 28 de abril de 2006 (ahora publicada como documento US 2007/0078466) y 11/380.907, presentada el 28 de abril de 2006 (ahora publicada como documento US 2007/0106306).

Por ejemplo, la solicitud de patente estadounidense con n.º de serie 11/380.907, mencionado anteriormente, el sistema dado a conocer comprende un brazo robótico que tiene una herramienta de recogida y/o implantación montada en el brazo. Una o más cámaras también están montadas en el brazo y se utilizan para obtener imágenes del espacio de trabajo, tal como una superficie corporal. Un procesador está configurado para recibir y procesar imágenes adquiridas por las cámaras. Un controlador está acoplado operativamente al procesador y al brazo robótico. El controlador controla el movimiento del brazo robótico basándose, al menos en parte, en las imágenes procesadas adquiridas por las cámaras y el procesador. El brazo puede moverse de manera controlable para colocar la herramienta en la orientación y posición deseadas en relación con la superficie corporal para realizar el trasplante de cabellos.

Al utilizar cualquiera de estos sistemas y métodos para el trasplante capilar, es deseable planificar primero el trasplante para seleccionar las unidades foliculares que van a recogerse y trasplantarse y para determinar la ubicación precisa donde se implantarán los cabellos. Por consiguiente, al planificar un procedimiento de trasplante capilar, pueden seleccionarse unidades foliculares específicas de una ubicación específica en una superficie corporal para su recogida y trasplante en una parte diferente de la superficie corporal. Las unidades foliculares que van a trasplantarse pueden seleccionarse basándose en determinados criterios, por ejemplo, el tipo de unidad folicular (es decir, F1, F2, etc.), la orientación del cabello en la unidad folicular, la densidad del cabello, etc. Sin embargo, el procedimiento de contar y caracterizar cada unidad folicular puede ser tedioso y llevar mucho tiempo. Por tanto, existe la necesidad de un sistema y un método para clasificar unidades foliculares, incluyendo la identificación de los puntos de extremo de cada cabello de la unidad folicular, usando un sistema automatizado.

Sumario

Según un aspecto general de las invenciones dadas a conocer en el presente documento, se proporciona un sistema y un método para clasificar unidades foliculares usando un sistema automatizado tal como se define en las reivindicaciones independientes 1 y 12; realizaciones adicionales de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes. El sistema y el método de la presente invención puede utilizarse con sistemas y métodos para el trasplante de unidades foliculares de cabello en una superficie corporal. El sistema y el método de la presente invención es especialmente útil cuando se implementa en, o se integra con, un sistema automatizado para trasplante capilar.

Una etapa preparatoria al método de clasificar unidades foliculares comprende adquirir una imagen de una superficie corporal en la que hay unidades foliculares (FU) y procesar tal imagen para producir una imagen segmentada de la FU. En una realización a modo de ejemplo, la imagen segmentada es una imagen binaria. A partir de la imagen segmentada de la FU, puede calcularse un contorno alrededor del perímetro exterior del/de los cabello(s) de la FU. Por ejemplo, para un F1, el contorno sería generalmente una línea o superficie que sigue la superficie exterior del cabello individual. Para un cabello relativamente liso, el contorno se parecería a un rectángulo. Para un F2, los cabellos normalmente conforman una forma de "V" de manera que el contorno se parece a un bloque en forma de letra "V".

La imagen segmentada también permite el cálculo de un perfil de delimitación de la FU. El perfil de delimitación ignora concavidades en el contorno de la imagen. Por ejemplo, para un F2, hay una concavidad o parte "curvada

hacia el interior” en el contorno formado por el descenso en el contorno desde un lado de la parte superior de la “V” hasta el vértice de la “V” y de vuelta hasta el otro lado de la parte superior de la “V”. El perfil calculado ignora esta concavidad, de manera que el perfil de delimitación resultante parece un triángulo con uno de los vértices del triángulo siguiendo generalmente el vértice de la “V” del contorno de la FU.

El perfil de delimitación se compara entonces con el contorno para determinar el número de “defectos” en el perfil de delimitación. Un defecto en el perfil de delimitación puede definirse, por ejemplo, como cada una de las concavidades en el perfil de delimitación que se desvían del contorno. En el ejemplo de F2, hay un defecto en el perfil de delimitación representado por la concavidad formada por la forma de “V”. En un F3, el contorno se conformará generalmente como dos V que comparten un vértice común y con una línea que forma un lado de ambas V. El perfil de delimitación de un F3 también tendrá generalmente forma triangular (aunque puede ser un triángulo más amplio que un F2). Por tanto, un F3 tendrá dos defectos. Por tanto, puede observarse que el número de defectos tiene una relación directa con el tipo de unidad folicular. En este caso, el número de cabellos para la FU equivale al número de defectos más uno.

En una realización del método de clasificar unidades foliculares, el perfil de delimitación puede determinarse calculando un contorno de vaina convexo conforme a técnicas de procesamiento de imágenes bien conocidas. Otras técnicas apropiadas para determinar el perfil de delimitación también están dentro del alcance de la presente invención.

En otro aspecto del método de la presente invención, se proporciona un procedimiento para rastrear la FU de interés para ajustarse al movimiento relativo entre un dispositivo de adquisición de imágenes y la FU. En una realización a modo de ejemplo, pueden usarse 2 cámaras para rastrear una FU de interés dentro de las imágenes de las cámaras primera y segunda para ajustarse al movimiento de la superficie corporal y/o al movimiento de las cámaras. Además, las cámaras primera y segunda se alinean con la orientación general del cabello de la FU. De este modo, se obtiene una imagen que proporciona datos de buena calidad para realizar las etapas restantes del método de clasificación de la FU. Sin embargo, el procedimiento de rastreo podría realizarse con múltiples dispositivos de adquisición de imágenes, tales como cámaras, así como con una sola cámara tomando múltiples imágenes desde varios ángulos, incluyendo imágenes panorámicas. El movimiento de la cámara podría llevarse a cabo o bien manualmente o bien con la ayuda de un robot si el sistema usado es un sistema robótico.

Todavía en otro aspecto de la presente invención, el método de clasificación de una unidad folicular también puede ajustarse para unidades foliculares que tienen cabellos que convergen por debajo de la superficie de la piel. En tal caso, la imagen contendrá una imagen de un cabello que no es una parte contigua del contorno de la FU de interés. Para tener en cuenta esta situación, se determina si el cabello independiente está dentro de una distancia máxima desde el/los cabello(s) que define(n) el contorno contiguo de la FU de interés. La distancia máxima se fija para que sea una distancia en la que lo que parece ser un cabello de una FU independiente, lo más probable es que sea una parte de la misma FU que la FU de interés. La clasificación de la FU de interés tiene en cuenta entonces cualquier/cualesquiera cabello(s) adicional(es) que esté(n) dentro de una distancia máxima desde el/los cabello(s) de la FU de interés.

Aún en otro aspecto de la presente invención, el método de clasificación de una unidad folicular también puede ajustarse para imágenes de cabello que parecen ser un cabello individual pero que en realidad son múltiples cabellos. Si la imagen digital se toma formando un ángulo determinado con respecto a los cabellos de una FU, la imagen de los cabellos puede fusionarse y parecer que es un cabello. Por tanto, determinar el número de defectos no proporcionará una clasificación precisa porque los cabellos fusionados darán como resultado menos defectos en el perfil de delimitación (y por tanto menos cabellos) que los realmente presentes en la FU de interés. Para tener en cuenta esta situación, el método determina la anchura (o el calibre) de cada objeto que representa un cabello en la FU de interés y lo compara con la anchura de un cabello individual. La etapa de clasificación de la FU también puede basarse en un resultado de determinación si la anchura de un objeto que representa un cabello supera la anchura esperada máxima. Por ejemplo, si la anchura es entre 1-1/2 y 2 veces la anchura esperada, entonces la etapa de clasificación aproximará que tal objeto son dos cabellos. Puede hacerse una aproximación similar para 3, 4 ó 5 cabellos.

En un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un método para determinar los puntos de extremo de una unidad folicular (FU). Este método permite la determinación de los puntos de extremo de una FU tanto sobre como por encima de la superficie de la piel así como del/de los punto(s) de extremo subcutáneo(s). Este método comprende adquirir una imagen de una superficie corporal que contiene una FU, procesar la imagen para producir una imagen segmentada de la FU, generar un esqueleto de la imagen segmentada de la FU, y determinar a partir del esqueleto al menos un punto de extremo de la FU. La generación de un esqueleto o “esqueletización” es un procedimiento para reducir las regiones de primer plano en una imagen segmentada a un remanente de esqueleto. El método de la presente invención no se limita a una técnica o método particular para generar un esqueleto de la imagen de interés, sino que más bien cubre todos los métodos apropiados incluyendo, a modo de ejemplo y no de limitación, un enfoque de adelgazamiento, una técnica basada en la detección de bordes, el algoritmo de Hilditch, aproximación del esqueleto usando singularidades en la transformación de la distancia y otros. En algunas realizaciones, el método de determinación de los puntos de extremo se refina adicionalmente mediante el uso de

múltiples imágenes (incluyendo imágenes de estéreo), o determinando el contorno de la imagen como una verificación de datos adicional para generar el esqueleto.

5 El sistema para clasificar una FU usando un sistema automatizado comprende un dispositivo de adquisición de imágenes y un procesador de imágenes. Un ejemplo del dispositivo de adquisición de imágenes es una o más cámaras, tal como cualquier cámara disponible comercialmente. En lugar de una cámara, podría ser un dispositivo de grabación de vídeo (tal como una videocámara) o cualquier otro dispositivo de adquisición de imágenes. Aunque los dispositivos de obtención de imágenes de estéreo son muy útiles en la presente invención, no es necesario emplear obtención de imágenes de estéreo. De manera similar, aunque se prefiere que el dispositivo de adquisición
10 de imágenes sea un dispositivo digital, no es necesario. Podría ser, por ejemplo, una cámara de televisión analógica que adquiere una imagen inicial que entonces se digitaliza para dar una imagen digital para su uso adicional en el método de la presente invención. El procesador de imágenes puede comprender cualquier dispositivo programado y configurado para realizar el método de clasificación de una FU según la presente invención. Un ejemplo no limitativo de un procesador de imágenes adecuado es cualquier tipo de ordenador personal ("PC"). Alternativamente, el
15 procesador de imágenes puede comprender un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC) o una matriz de puertas programable por campo (FPGA). El procesador de imágenes puede programarse con software configurado para realizar los métodos de la presente invención.

20 De manera similar a un sistema para clasificar una FU, también se proporciona un sistema para determinar los puntos de extremo de una FU. El sistema para determinar los puntos de extremo puede comprender un dispositivo de adquisición de imágenes igual o diferente al descrito anteriormente en referencia al sistema para clasificar FU, y también puede comprender un procesador de imágenes de punto de extremo programado y configurado para realizar un método de determinación de los puntos de extremo de unidades foliculares. El procesador de imágenes de puntos de extremo puede proporcionarse o bien por separado o bien en combinación con el procesador de
25 imágenes para clasificar la FU, dependiendo del sistema usado.

Todavía en otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procesador de imágenes para clasificar una FU. El procesador de imágenes comprende cualquier dispositivo de computación adecuado, tal como un PC u otro
30 procesador, y está configurado para recibir una imagen de la FU, procesar la imagen para producir una imagen segmentada de la FU, calcular un contorno de la imagen segmentada de la FU, calcular un perfil de delimitación de la imagen segmentada que ignora concavidades en el contorno de la imagen segmentada de la FU, determina el número de defectos en el perfil de delimitación de la FU, y clasifica la FU basándose al menos parcialmente en el número de defectos determinados.

35 Aún en otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procesador de imágenes para determinar al menos un punto de extremo de una FU. El procesador de imágenes para determinar al menos un punto de extremo de una FU comprende cualquier dispositivo de computación adecuado, tal como un PC u otro procesador, y está configurado para recibir una imagen de la FU, procesar la imagen para producir una imagen segmentada de la FU, generar un esqueleto de la imagen segmentada de la FU y determinar a partir del esqueleto al menos un punto de
40 extremo de la FU.

45 En otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procesador de imágenes que realiza tanto los procedimientos de clasificación de una FU como la determinación de al menos un punto de extremo de una FU. El procesador de imágenes puede ser cualquier procesador de imágenes descrito anteriormente, que esté configurado para realizar las etapas de la clasificación de FU y la determinación del punto de extremo. Podría usarse el procesador de imágenes para clasificar unidades foliculares, o el procesador de imágenes de punto de extremo, o el procesador de imágenes combinado que realiza ambas funciones, conjuntamente con diversos sistemas y dispositivos de tratamiento y trasplante capilar incluyendo, pero sin limitarse a, sistemas para la recogida de cabello, la implantación de cabello o la clasificación de cabello, o sistemas de planificación de tratamiento de cabello.

50 El sistema para clasificar unidades foliculares (así como el sistema para determinar los puntos de extremo de unidades foliculares) usando un sistema automatizado puede comprender cualquiera de los sistemas de trasplante descritos en los antecedentes anteriormente. Por ejemplo, el sistema descrito en la solicitud de patente estadounidense con n.º de serie 11/380.907 puede programarse y configurarse para realizar los métodos de
55 clasificación de una unidad folicular según la presente invención. Las cámaras en el sistema pueden proporcionar imágenes digitales de estéreo y el brazo robótico puede colocar y orientar las cámaras de manera apropiada. La selección de una región de interés puede realizarla un operario en la interfaz de usuario del sistema (tal como un ordenador que tiene un monitor y dispositivos de entrada) o podría automatizarse a través de la programación del ordenador y/o el controlador.

60 Por consiguiente, se proporcionan un sistema y un método para clasificar unidades foliculares y/o para determinar puntos de extremo de las unidades foliculares. Otras realizaciones y realizaciones, objetos y ventajas adicionales de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lea en vista de las figuras adjuntas.

65 **Breve descripción de los dibujos**

La invención se ilustra a modo de ejemplo y no de limitación en las figuras de los dibujos adjuntos, en las que referencias iguales indican elementos similares, y en las que:

5 la figura 1 es una impresión de una imagen digital de una sección a modo de ejemplo de un cuero cabelludo humano que muestra una variedad de tipos de unidades foliculares y una región de interés seleccionada.

La figura 2 es una impresión de una imagen digital de una unidad folicular individual.

10 La figura 3 es una impresión de la imagen digital de la figura 2 después de haberse segmentado la imagen.

La figura 4 es una impresión de la imagen digital de la figura 3 con un contorno a modo de ejemplo de los cabellos de la unidad folicular representado con una línea discontinua.

15 La figura 5 es una impresión de la imagen digital de la figura 3 con un perfil de delimitación a modo de ejemplo de los cabellos de la unidad folicular representado con una línea discontinua.

La figura 6 es una impresión de la imagen digital de la figura 3 que muestra los defectos en el perfil de delimitación en comparación con el contorno de los cabellos de la unidad folicular.

20 La figura 7 es una impresión de una imagen digital que se ha segmentado que representa cabellos que parecen estar separados pero que realmente forman parte de la misma unidad folicular.

25 La figura 8 es una impresión de una imagen digital que se ha segmentado que representa lo que parece ser un cabello ancho individual, pero que realmente son dos cabellos de la misma unidad folicular.

La figura 9 es un diagrama de flujo de una realización a modo de ejemplo de un método para clasificar unidades foliculares según la presente invención.

30 La figura 10 es un diagrama de flujo de una realización a modo de ejemplo de un método para localizar los puntos de extremo de la unidad folicular según la presente invención

Descripción detallada de las realizaciones ilustradas

35 En referencia primero a la figura 1, una realización a modo de ejemplo del sistema y el método para clasificar unidades foliculares según la presente invención generalmente comienza con la adquisición de una imagen 10 de una superficie 11 corporal usando un dispositivo de adquisición de imágenes, por ejemplo, una o más cámaras o cualquier otro dispositivo de obtención de imágenes adecuado. El dispositivo de adquisición de imágenes puede producir una imagen digital, tal como la producida por una cámara digital, o puede producir una imagen analógica (que puede convertirse o no en una imagen digital en cualquier momento del procedimiento). La fotografía de la figura 1 es una imagen de una sección de cuero 11 cabelludo humano, pero se entiende que la superficie corporal podría ser cualquier zona de cualquier cuerpo que tenga pelo. Aunque en esta descripción de una realización a modo de ejemplo, la imagen 10 es una imagen digital tomada por una cámara digital, la presente invención no se limita a imágenes digitales tomadas por cámaras digitales, sino que incluye el uso de cualquier imagen adquirida por cualquier tipo de dispositivo de adquisición de imágenes. La imagen 10 digital muestra una variedad de tipos de unidades foliculares (FU) en el cuero 11 cabelludo, incluyendo una unidad 15 folicular de cabello individual (F1), una unidad 13 folicular de dos cabellos (F2) y una unidad 17 folicular de tres cabellos (F3).

50 La imagen 10 digital puede adquirirse usando una o más cámaras digitales de un sistema automatizado de trasplante capilar, tal como las cámaras descritas en el sistema de trasplante capilar de la solicitud de patente estadounidense con n.º de serie 11/380.907. La imagen de solo una de las cámaras puede usarse para producir la imagen 10 digital. Alternativamente, el procedimiento para obtener la imagen 10 digital puede adquirirse mediante un proceso más complicado que alinee la(s) cámara(s) para mejorar la imagen usada para clasificar una unidad folicular de interés. En este procedimiento, por ejemplo, pueden usarse una primera cámara y una segunda cámara. Las cámaras pueden disponerse y configurarse para obtener imágenes de estéreo de una superficie corporal a las que se dirigen las cámaras. Las cámaras se colocan en primer lugar para dirigirse a la superficie corporal en una zona que se sabe que tiene cabello. Se adquiere una primera imagen digital de la primera cámara y se selecciona una unidad folicular (FU) de interés de la primera imagen digital. Se adquiere una segunda imagen digital de aproximadamente la misma región de la superficie corporal que la primera cámara (excepto por un ángulo ligeramente diferente tal como se proporciona por las cámaras de estéreo) a partir de la segunda cámara y se selecciona la misma FU de interés de la segunda imagen digital. La FU de interés puede seleccionarse en las imágenes digitales por un operario del sistema o automáticamente por el sistema usando un algoritmo de selección. El sistema de trasplante ahora puede rastrear la FU de interés dentro de las imágenes digitales primera y segunda a partir de las cámaras primera y segunda. El procedimiento de rastreo puede usarse para ajustarse al movimiento de la superficie corporal y al movimiento de las cámaras cuando se alinean para adquirir la(s) imagen(es) digital(es) usada(s) para clasificar la FU. A continuación, las cámaras primera y segunda se mueven y se orientan

para alinearse con la orientación general del cabello de la FU. Cuando las cámaras se mueven, el sistema puede adquirir y procesar imágenes adicionales con el fin de rastrear la FU de interés. Mediante la alineación de las cámaras con el cabello de la FU, puede adquirirse una mejor imagen para clasificar la FU. Con las cámaras en la alineación deseada, las cámaras adquieren las imágenes que van a usarse en las siguientes etapas del método de clasificación de una unidad folicular. Sin embargo, no es necesario usar dos cámaras ni obtener imágenes de estereó tal como se describió en la realización anterior a modo de ejemplo. El procedimiento de rastreo podría realizarse con múltiples dispositivos de adquisición de imágenes, tales como cámaras, así como con una sola cámara tomando múltiples imágenes desde diversos ángulos, incluyendo imágenes panorámicas. La cámara puede moverse o bien manualmente o bien con la asistencia de un robot, en el caso en que el sistema usado sea un sistema robótico.

Una vez que se adquiere la imagen 10, puede seleccionarse una región 19 de interés que se sabe que contiene la FU 13 de interés (la FU que va a clasificarse). Debe entenderse que esta etapa de seleccionar una región de interés es opcional, y no se requiere según el método de clasificación una FU de la presente invención. En cambio, la imagen 10 puede procesarse tal cual y se entiende que las referencias a una región 19 de interés en esta descripción de una realización a modo de ejemplo son intercambiables con la imagen 10. La región 19 de interés puede seleccionarse por un operario o la selección puede automatizarse por el sistema.

Volviendo a la figura 2, se muestra la región 19 de interés como una subimagen en escala de grises de los cabellos 31 y 33 de la FU 13. Esta imagen digital en escala de grises de la región 19 de interés y la FU 13 se procesa entonces usando técnicas de procesamiento de imágenes digitales bien conocidas para producir una imagen segmentada de la FU 13. La figura 3 muestra una imagen binaria a modo de ejemplo de la imagen digital de la figura 2 una vez que se ha segmentado. Como uno de los objetivos en la segmentación de la imagen es separar un primer plano (por ejemplo un cabello) del fondo (por ejemplo todo lo demás), obtener una imagen binaria, tal como se muestra en la figura 3, es una elección fácil y conveniente. Sin embargo, en lugar de una imagen binaria, la imagen segmentada puede ser una imagen multimodal, por ejemplo, donde se desea dividir el fondo en varias partes que separan la piel, lunares, sangre, etc.

El perímetro exterior de los cabellos 31 y 33 de la imagen binaria define un contorno 35 de la FU 13. Una representación demostrativa del contorno 35 se muestra como una línea 35 discontinua en la figura 4. En el método de la presente invención, puede calcularse un contorno 35 alrededor del perímetro de la imagen binaria de los cabellos 31 y 33, o pueden usarse los píxeles que constituyen el perímetro exterior de la imagen binaria. Tal como se muestra claramente en la figura 4, el contorno 35 para una FU que tiene dos cabellos se parece a un bloque en forma de letra "V".

Se calcula un perfil 37 de delimitación de la imagen binaria de la FU 15. El perfil 37 de delimitación es una delimitación de la geometría de la imagen con concavidades eliminadas. En el presente ejemplo usando la imagen binaria de FU 15 tal como se representa en las figuras 3-5, la concavidad que se eliminará es el espacio entre las dos patas en la forma de V. Por tanto, el perfil 37 de delimitación calculado de la imagen binaria de la FU 15 será una línea alrededor de la forma que tiene una forma generalmente triangular tal como se representa de manera representativa por la línea 37 discontinua en la figura 5. El perfil de delimitación puede calcularse usando cualquier algoritmo adecuado tal como conocen los expertos habituales en la técnica. Por ejemplo, el perfil 37 de delimitación puede determinarse calculando una vaina convexa usando técnicas de procesamiento de imagen bien conocidas.

Debe entenderse que la etapa de determinar el contorno 35 y la etapa de determinar el perfil 37 de delimitación pueden realizarse en cualquier orden (primero el contorno y luego el perfil de delimitación o viceversa), o simultáneamente.

El perfil 37 de delimitación se compara entonces con el contorno 35 para determinar el número de concavidades que se eliminaron. Las concavidades que se eliminaron al producir el perfil de delimitación se denominan comúnmente "defectos" en el perfil de delimitación. Una representación esquemática de la etapa de comparar el perfil 37 de delimitación con el contorno 35 se muestra en la figura 6. Tal como puede observarse en la figura 6, hay un solo defecto 39 en la imagen de FU 15 que se muestra como la zona sombreada.

El número de defectos puede usarse entonces para calcular el número de cabellos en la unidad folicular y de ese modo clasificar la unidad folicular. Puede observarse por la geometría de uno o más cabellos que emanan de un solo punto, que el número de cabellos será igual a uno más el número de defectos. Por tanto, para un cabello individual FU no habrá defectos, por lo que la FU será un F1. Para una FU con dos cabellos, habrá un defecto entre los dos cabellos, por lo que la FU será un F2. Para una FU con tres cabellos habrá dos defectos, uno entre los cabellos primero y segundo y otro entre los cabellos segundo y tercero, por lo que la FU será un F3. Y así sucesivamente para las unidades foliculares que tienen 4 o más cabellos.

Las etapas básicas del método de clasificación a modo de ejemplo descrito anteriormente de una unidad folicular se resumen en el diagrama de flujo de la figura 9. La figura 9 es simplemente una representación de diagrama de flujo del método descrito anteriormente. En la etapa 100, se adquiere una imagen 10. La imagen 10 se segmenta en la etapa 110 para producir una imagen 11 segmentada. El contorno 35 se determina en la etapa 120, y el perfil de

delimitación se determina en la etapa 130. Tal como se explicó anteriormente, las etapas 120 y 130 pueden realizarse en cualquier orden, o simultáneamente. En la etapa 140, se determina el número de defectos y en la etapa 150 se determina la clasificación de la unidad folicular basándose al menos parcialmente en el número de defectos.

5 En algunos casos, los cabellos de una unidad folicular individual pueden converger por debajo de la superficie de la piel, de manera que la imagen binaria parece tener dos cabellos independientes tal como se muestra en el ejemplo de la figura 7. También es posible que los cabellos de una unidad folicular individual pudieran aparecer como un F2 con dos cabellos que emanan de un solo punto con un tercer cabello ligeramente separado, o situaciones similares. Sin embargo, se sabe que si lo que parece ser un cabello independiente está muy cerca de otro cabello, es probable que los cabellos pertenezcan a la misma unidad folicular. Este conocimiento puede usarse para ajustar la clasificación de la unidad folicular para ajustarse a esta situación. Por tanto, para realizar este ajuste, se determina la distancia entre los cabellos usando, por ejemplo, la imagen digital. Suponiendo que el cabello 33 en la figura 7 es un 10 cabello de la FU 15 de interés y el cabello 31 es un cabello suelto, entonces el método determina si estos cabellos forman parte de la misma unidad folicular. En este ejemplo, la distancia entre los cabellos 33 y 31 se calcula usando la imagen digital. Si el cabello 31 suelto está dentro de una distancia máxima establecida desde el cabello 33 de la FU 15 de interés, entonces se supone que el cabello 31 suelto forma parte de la FU 15. La distancia máxima entre 15 cabellos que parecen estar separados pero que realmente están en la misma unidad folicular puede ser de aproximadamente 0,5 mm o 0,7 mm o 0,3 mm, o una distancia determinada basándose en las características físicas del paciente o en una muestra de los pacientes. Por tanto, se clasifica la FU 15 como que tiene el cabello individual 20 33 más el cabello 31 lo que da como resultado una clasificación como un F2.

El método de ajuste para cabellos independientes en proximidad muy cercana ("método de proximidad") puede usarse conjuntamente con el método de "defectos" descrito anteriormente. Por ejemplo, el método de defectos 25 podría realizarse primero y luego podría realizarse el método de proximidad, o viceversa.

Dependiendo de la orientación de la(s) cámara(s) usadas para adquirir la imagen digital de la región 19 de interés, es posible que una imagen que aparece como un cabello individual pudiera ser dos o más cabellos cuyas imágenes se solapan desde el ángulo de la cámara. Un ejemplo de esta situación se representa en la figura 8. La figura 8 es 30 una impresión de una imagen digital que representa un objeto que parece ser un solo folículo piloso ancho, pero realmente son dos folículos pilosos de la misma unidad 15 folicular. Para tener en cuenta esta situación en la clasificación de la FU 15, se determina la anchura de cada objeto 33 que representa un folículo piloso en la FU 15, por ejemplo, mediante el uso de la imagen digital. Dado que cada objeto 33 a modo de ejemplo que representa un cabello tiene un eje mayor generalmente paralelo a la longitud del objeto y un eje menor que es transversal al eje mayor, la anchura del objeto 33 a modo de ejemplo se calcula a lo largo de su eje menor. 35

En una realización a modo de ejemplo, la anchura puede determinarse midiendo simplemente la distancia a través de la imagen de cada cabello identificado en la imagen. La anchura puede tomarse como muestra en varias ubicaciones a lo largo de la longitud de cada cabello para determinar una anchura. La anchura promedio, o cada 40 anchura medida, puede usarse entonces para determinar si la anchura supera una anchura esperada máxima para un cabello individual. Entonces, se determina si la anchura de cada objeto 33 que representa un folículo piloso, que normalmente se denomina el "calibre" del cabello, supera una anchura esperada máxima para un folículo piloso individual. Se sabe que un folículo piloso individual tiene una anchura de entre aproximadamente 50 micrómetros ("um") y 100 um, con un promedio de aproximadamente 75 um. La comparación de la anchura del objeto 33 con la 45 anchura máxima de un cabello individual permite determinar el tipo real de la FU que representa ese objeto 33.

Entonces, la etapa de clasificación de una unidad folicular también puede basarse en un resultado de la comparación de la anchura de cada objeto que representa un cabello en la FU con la anchura esperada máxima para un cabello individual. Por ejemplo, si la anchura es de entre 1-1/2 y 2 veces la anchura esperada, entonces la 50 etapa de clasificación aproximará que tal objeto son dos cabellos. Puede realizarse una aproximación similar para 3, 4 ó 5 cabellos. Este "método de ajuste de anchura" puede realizarse conjuntamente con cualquiera o ambos del método de defectos y el método de proximidad descritos anteriormente, y en cualquier orden.

En otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para determinar los puntos de extremo de una unidad folicular (FU). La determinación de los puntos de extremo puede usarse para ayudar a determinar el ángulo y la orientación de la unidad folicular bajo la superficie de la piel (es decir, de manera subcutánea), lo que entonces puede usarse para colocar mejor una herramienta de recogida, y para mejorar la robustez y la precisión de un procedimiento de trasplante capilar. La colocación mejorada de la herramienta de recogida basándose en el ángulo y en la orientación de la unidad folicular reduce la posibilidad de transacción del cabello durante un procedimiento de 60 recogida, y mejora la eficacia del procedimiento de trasplante capilar.

El método de determinación de los puntos de extremo de una FU permite la determinación de los puntos de extremo de una FU tanto sobre como por encima de la superficie de la piel así como punto(s) de extremo subcutáneo(s). Una realización a modo de ejemplo del método de la presente invención comprende generar un esqueleto de la imagen segmentada de la FU. La imagen segmentada puede crearse, tal como se describió anteriormente, obteniendo una imagen de interés y procesándola para obtener una imagen segmentada. La generación de un esqueleto o 65

“esqueletización” es un procedimiento para reducir las regiones de primer plano en la imagen segmentada a un remanente de esqueleto lo que preserva en gran medida el grado y la conectividad de la región original de la imagen a la vez que se descartan la mayoría de los píxeles originales del primer plano. Esta reducción de la región de primer plano se produce separando un patrón de tantos píxeles como sea posible sin afectar a la forma general del objeto que del que se están tomando imágenes. Hay diferentes modos de calcular el esqueleto de una imagen segmentada. Un enfoque a modo de ejemplo es el enfoque de adelgazamiento, mediante el cual se erosionan sucesivamente píxeles del límite a la vez que se preservan los puntos de extremo de segmentos de línea hasta que ya no es posible más adelgazamiento (punto en el cual lo que queda es el esqueleto). Basándose en el esqueleto, se identifican los puntos de extremo (tales como la cabeza 1, la cabeza 2 y la cola en referencia a la imagen a modo de ejemplo de la figura 10). Volviendo a la figura 10, las etapas básicas del método a modo de ejemplo descrito anteriormente de determinación de los puntos de extremo de una unidad folicular se resumen en forma de diagrama de flujo. La unidad folicular a modo de ejemplo de la figura 10 es una unidad folicular de dos cabellos. En la etapa 200, se adquiere una imagen 10. La imagen 10 se segmenta en la etapa 210 para producir una imagen 11 segmentada. En la etapa 230, se genera un esqueleto 231 de la imagen. En la etapa 240, se determinan los puntos de extremo. En este ejemplo no limitativo, se determinan y se marcan la cabeza 1 (241), la cabeza 2 (242) y la cola (243).

Aunque puede crearse un esqueleto, tal como el esqueleto 231, según el método de presente invención basándose únicamente en la imagen segmentada, para mejorar la robustez y la precisión, y para ajustar el ruido en la imagen, en determinados casos puede ser deseable determinar el contorno de la FU como datos de verificación adicionales usados en la creación de un esqueleto. El diagrama de flujo de la figura 10 muestra esta etapa 220 adicional opcional donde se determina el contorno 35 de la FU, de modo que la creación de un esqueleto se basa en la información a partir de la imagen segmentada y también a partir del contorno de la FU.

Aunque el procedimiento de “adelgazamiento” es un ejemplo de creación de un esqueleto, existen diversos procedimientos y técnicas alternativos para crear un esqueleto que están dentro del alcance de la presente invención. A modo de ejemplo y no de limitación, tales técnicas alternativas incluyen usar singularidades en la transformación de distancia para aproximar el esqueleto, técnicas basadas en la detección de bordes o el algoritmo de Hilditch.

En la generación de un esqueleto de una imagen, el ruido puede convertirse en un problema significativo. Por tanto, puede ser útil crear y utilizar múltiples imágenes (incluyendo imágenes de estéreo) para mejorar la calidad de la imagen y la eficacia de la creación de un esqueleto preciso. A este respecto, en algunas realizaciones de la presente invención, el método de determinación de los puntos de extremo se refina adicionalmente usando múltiples imágenes (incluyendo imágenes de estéreo), o determinando el contorno de la imagen como una verificación de datos adicional para generar el esqueleto.

Aún en otro aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para clasificar unidades foliculares. Como realización a modo de ejemplo, el sistema puede comprender un dispositivo de adquisición de imágenes y un procesador de imágenes. Algunos ejemplos no limitativos de un dispositivo de adquisición de imágenes incluyen una o más cámaras, tales como cámaras disponibles comercialmente. El dispositivo de adquisición de imágenes puede tomar imágenes fijas, o podría ser un dispositivo de grabación de vídeo (tal como una videocámara) o cualquier otro dispositivo de adquisición de imágenes. Actualmente se prefieren los dispositivos de obtención de imágenes de estéreo, pero no es necesario tener obtención de imágenes de estéreo y la presente invención no se limita a ello. Asimismo, aunque se prefiere que el dispositivo de adquisición de imágenes sea un dispositivo digital, no es necesario. Por ejemplo, el dispositivo de adquisición de imágenes podría ser una cámara de televisión analógica que adquiere una imagen inicial que entonces se procesa para dar una imagen digital para su uso adicional en el método de la presente invención. El procesador de imágenes puede comprender cualquier dispositivo adecuado programado y configurado para realizar el método de clasificación de una FU según la presente invención. En una realización a modo de ejemplo, el procesador de imágenes para clasificar una FU está configurado para recibir una imagen de la FU, procesar la imagen para producir una imagen segmentada, calcular un contorno y un perfil de delimitación de la imagen segmentada de la FU, determinar el número de defectos en el perfil de delimitación y clasificar la FU basándose en el número de defectos y opcionalmente, la clasificación también puede basarse en determinados ajustes adicionales, según sea necesario. A modo de ejemplo, y no de limitación, un procesador de imágenes adecuado puede ser cualquier tipo de ordenador personal (“PC”). Alternativamente, el procesador de imágenes puede comprender un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC) o una matriz de puertas programable por campo (FPGA).

Según un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un sistema para determinar los puntos de extremo de una FU. Este sistema podría combinarse con, y ser parte de, el sistema para clasificar unidades foliculares descrito anteriormente. Este sistema para determinar los puntos de extremo puede comprender un dispositivo de adquisición de imágenes y un procesador de imágenes de punto de extremo. El dispositivo de adquisición de imágenes de este sistema puede ser igual a o diferente del descrito en referencia al sistema para clasificar una FU. Si se combinan dos sistemas, entonces puede usarse un solo dispositivo de adquisición de imágenes para todos los fines de adquisición de imágenes. El procesador de imágenes de punto de extremo puede programarse y configurarse para realizar el método de determinación de los puntos de extremo de la FU según la

5 presente invención. En una realización, el procesador de imágenes de punto de extremo se programa y se configura para recibir una imagen, procesarla para producir una imagen segmentada de la FU, generar un esqueleto de la FU y determinar al menos un punto de extremo de la FU. Los ejemplos y la descripción de diversos procesadores de imágenes apropiados útiles en el sistema para clasificar FU son igualmente aplicables al procesador de imágenes del sistema para determinar los puntos de extremo. Si se combinan dos sistemas, pueden usar el mismo procesador de imágenes que se ha programado y configurado para realizar todas las etapas combinadas y necesarias de ambos métodos, o pueden usar diferentes procesadores de imágenes.

10 El dispositivo de adquisición de imágenes del sistema de clasificación de FU, o el sistema de determinación de puntos de extremo, o el sistema de combinación puede montarse en una posición fija, o puede montarse en un brazo robótico o en otro dispositivo de movimiento controlable. El brazo robótico o dispositivo de movimiento puede acoplarse operativamente a un controlador configurado para controlar el movimiento del brazo robótico o el dispositivo de movimiento. El controlador puede recibir y procesar imágenes o datos del procesador de imágenes con el controlador configurado para controlar el movimiento del brazo robótico o el dispositivo de movimiento basándose en las imágenes o datos adquiridos por el dispositivo de adquisición de imágenes. Además, el sistema puede comprender otras herramientas, dispositivos y componentes útiles en la recogida y/o la implantación de la FU, o en la planificación del tratamiento capilar.

20 Puede usarse cualquier o todos los sistemas y métodos para clasificar una unidad folicular tal como se describe en el presente documento, conjuntamente con el sistema y el método de recoger y trasplantar cabello tal como se describe en la solicitud de patente estadounidense con n.º de serie 11/380.903 y la solicitud de patente estadounidense con n.º de serie 11/380.907.

25 Las realizaciones ilustradas y descritas anteriormente de la invención son proclives a diversas modificaciones y formas alternativas, y debe entenderse que la invención en general, así como las realizaciones específicas descritas en el presente documento, no se limitan a las formas o métodos particulares dados a conocer, sino que al contrario cubren todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. A modo de ejemplo no limitativo, los expertos en la técnica apreciarán que la invención no se limita al uso de un sistema robótico que incluye un brazo robótico, y que pueden utilizarse otros sistemas automatizados y semiautomatizados.

30

REIVINDICACIONES

1. Método de clasificación para procedimientos de trasplante capilar de una unidad folicular (FU) individual basándose en un número de cabellos en la FU individual, que comprende:
- 5 procesar una imagen de una superficie corporal que contiene la FU individual para producir una imagen segmentada de la FU individual;
- 10 calcular un contorno de la imagen segmentada de la FU individual;
- 15 calcular un perfil de delimitación de la imagen segmentada que ignora concavidades en el contorno de la imagen segmentada de la FU individual;
- 20 determinar el número de concavidades que son defectos en el perfil de delimitación; y
- 25 clasificar la FU individual basándose al menos parcialmente en el número determinado de concavidades que son defectos en el perfil de delimitación,
- comprendiendo el método además:
- 30 seleccionar una región de interés en estrecha proximidad a la FU individual;
- 35 determinar si la región de interés contiene una imagen de un cabello independiente que no es una parte contigua del contorno de la FU individual; y
- 40 determinar si el cabello independiente está dentro de una distancia máxima desde uno o más cabellos que definen el contorno de la FU individual,
- 45 en el que clasificar la FU individual se basa adicionalmente en si se determina que el cabello independiente está dentro de una distancia máxima desde el/los cabello(s) que define(n) el contorno de la FU individual, en el que se clasifica la FU individual como que incluye cada cabello independiente ubicado dentro de la distancia máxima desde el/los cabello(s) que define(n) el contorno de la FU individual.
2. Método según la reivindicación 1, en el que calcular un perfil de delimitación comprende calcular un contorno de vaina convexo.
3. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que clasificar la FU individual comprende clasificar la FU individual o bien como una FU de cabello individual o bien como una FU de múltiples cabellos.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que en la clasificación de la FU individual, un número de cabellos en la FU individual equivale al número determinado de concavidades que son defectos en el perfil de delimitación más uno.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la imagen de una superficie corporal que contiene FU individual es una imagen digital.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además determinar la anchura de cada objeto que representa un cabello en la FU individual, en el que clasificar la FU individual se basa adicionalmente en una comparación de dicha anchura de cada objeto que representa un cabello en la FU individual con una anchura esperada máxima para un cabello individual.
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además rastrear la FU individual para ajustarse al movimiento relativo entre un dispositivo de adquisición de imágenes y la FU individual.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además rastrear la FU individual mediante:
- 60 adquirir una primera imagen de la FU individual a partir de un dispositivo de adquisición de imágenes;
- determinar una posición de la FU individual a partir de dicha primera imagen;
- 65 adquirir una segunda imagen de la FU individual a partir del dispositivo de adquisición de imágenes; y
- determinar una posición de la FU individual a partir de dicha segunda imagen.

9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que comprende además determinar al menos un punto de extremo de la FU individual generando un esqueleto de la imagen segmentada.
- 5 10. Método según la reivindicación 9, en el que dicho al menos un punto de extremo se selecciona del grupo que comprende:
- 10 una cabeza de un cabello de la FU individual,
- una cola de un cabello de la FU individual, y
- 10 un bulbo de la FU individual.
11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que la generación del esqueleto se logra usando una técnica de adelgazamiento, una técnica basada en la detección de bordes o el algoritmo de Hilditch.
- 15 12. Sistema para clasificar para procedimientos de trasplante capilar de una unidad folicular (FU) individual basándose en el número de cabellos en la FU individual, que comprende:
- 20 un dispositivo de adquisición de imágenes; y
- un procesador de imágenes configurado para realizar el método según la reivindicación 1.
- 25 13. Sistema según la reivindicación 12, en el que el dispositivo de adquisición de imágenes comprende al menos una cámara.
14. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, en el que el procesador de imágenes es un ordenador personal.
- 30 15. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en el que el sistema es un sistema robótico.
16. Sistema según la reivindicación 15, que comprende además un controlador acoplado operativamente a dicho brazo robótico del sistema robótico y a dicho procesador de imágenes.
- 35 17. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12-16, que comprende además un procesador de imágenes de punto de extremo configurado para generar un esqueleto de la imagen segmentada de la FU individual, y después determinar a partir del esqueleto al menos un punto de extremo de la FU individual.

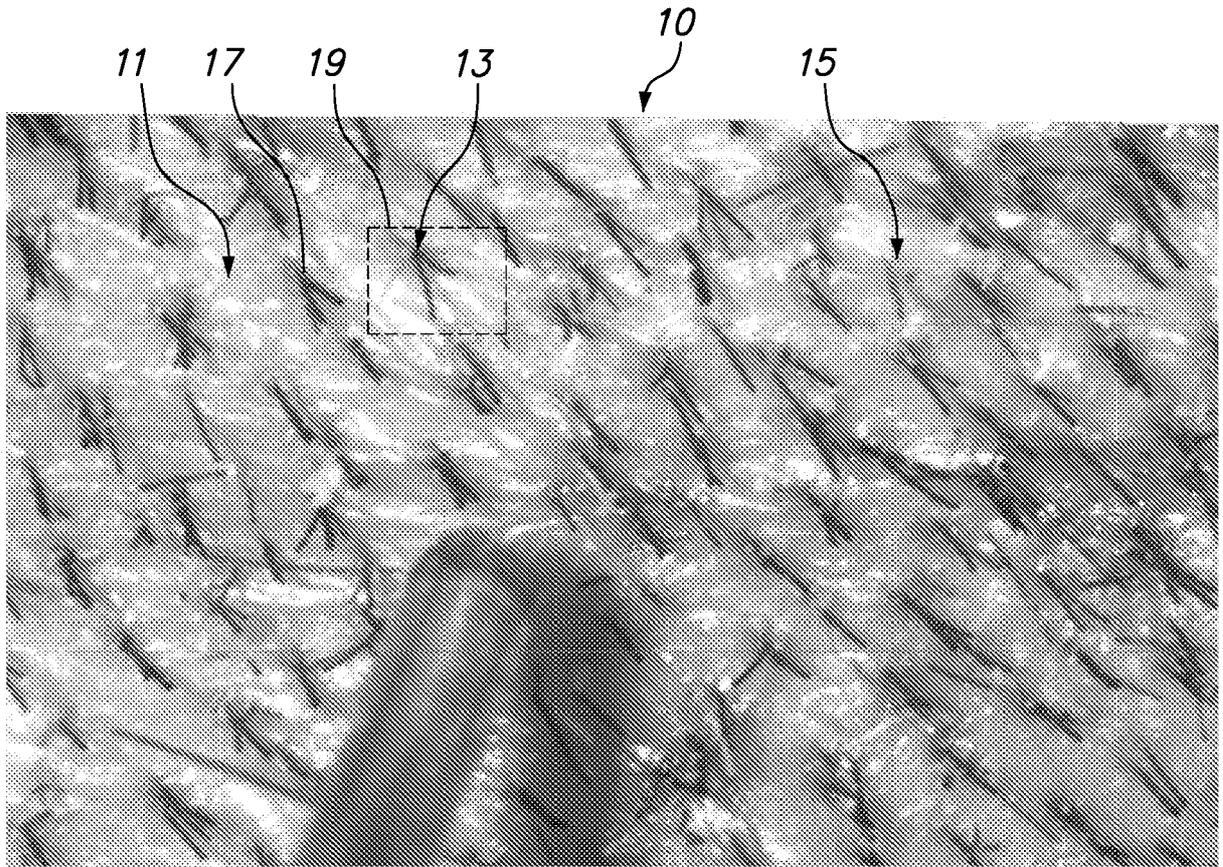


FIG. 1

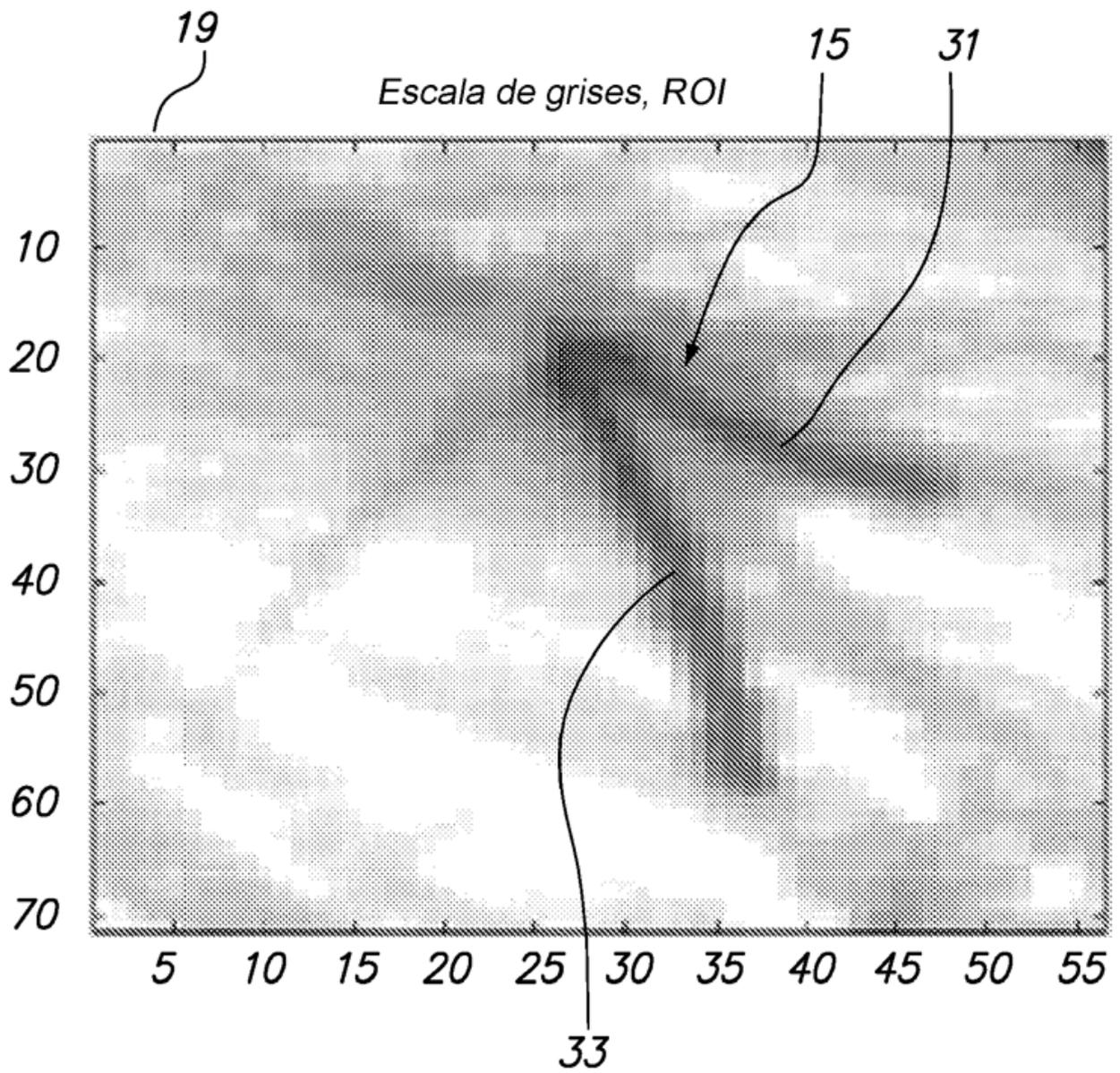


FIG. 2

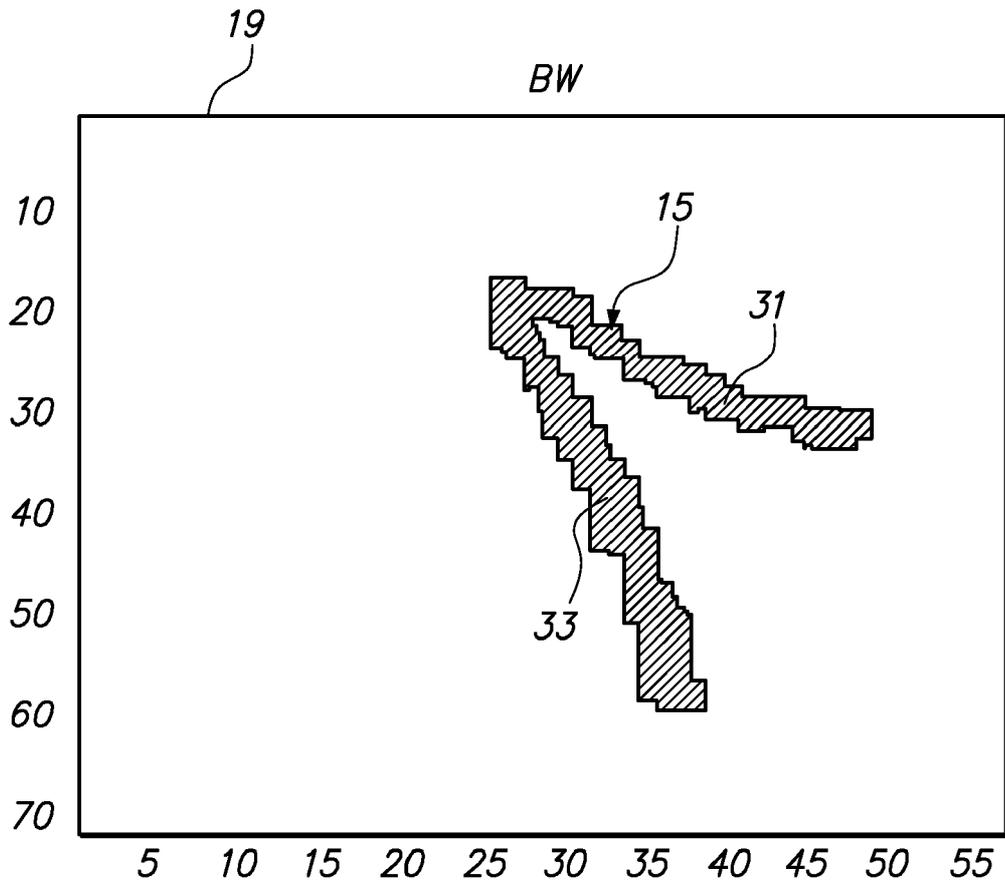


FIG. 3

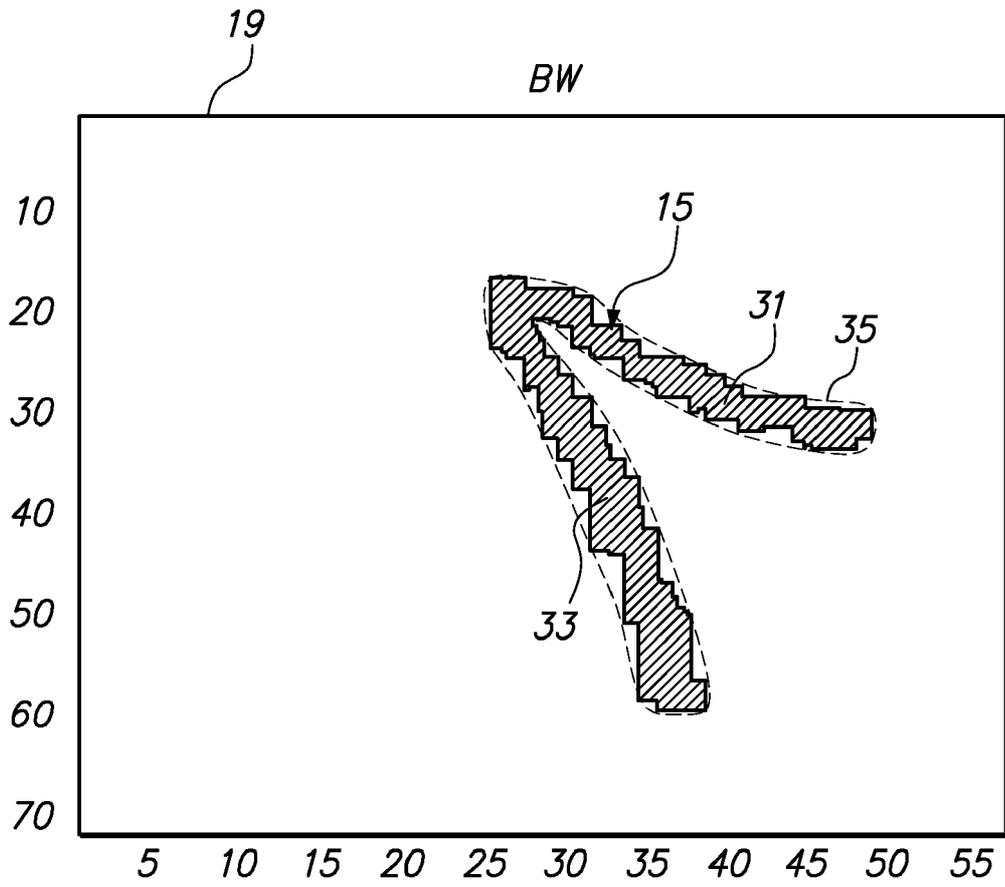


FIG. 4

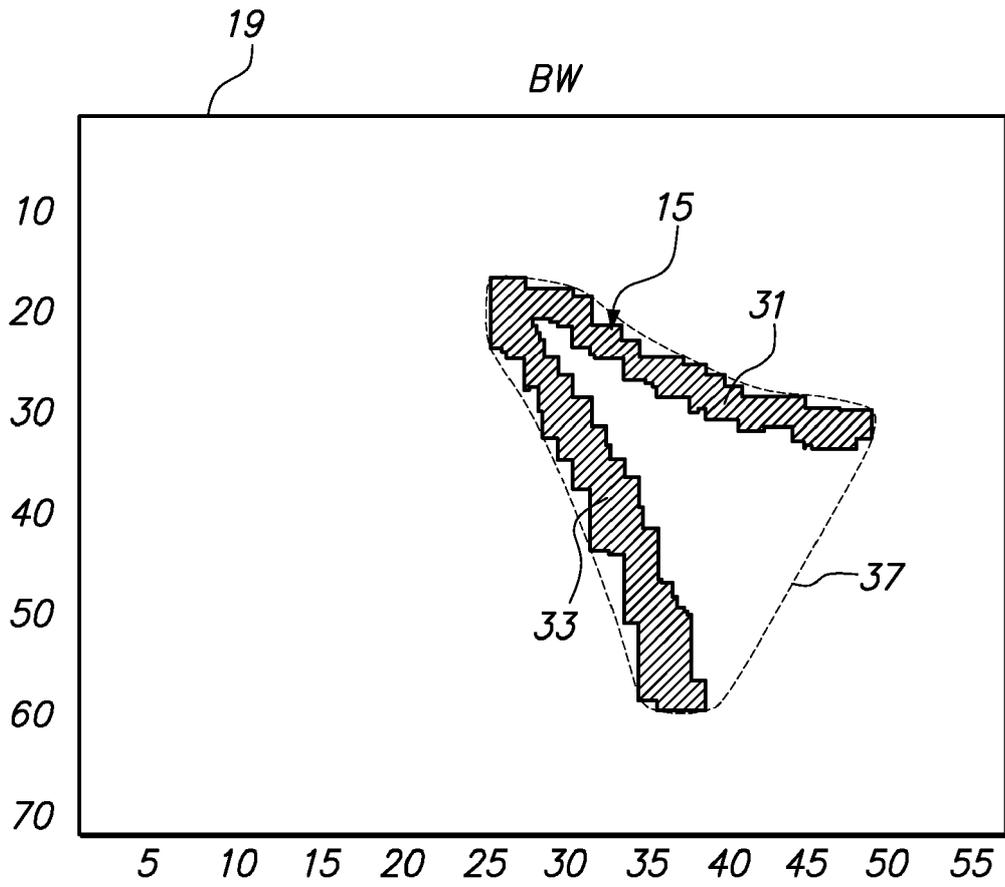


FIG. 5

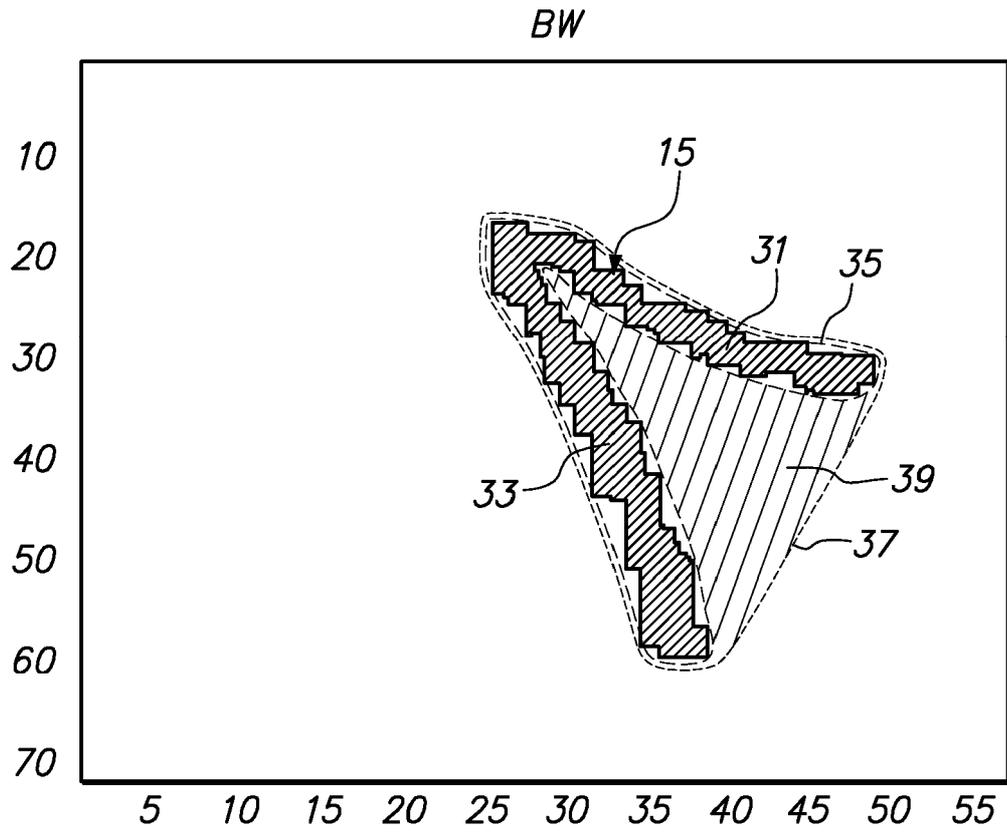


FIG. 6

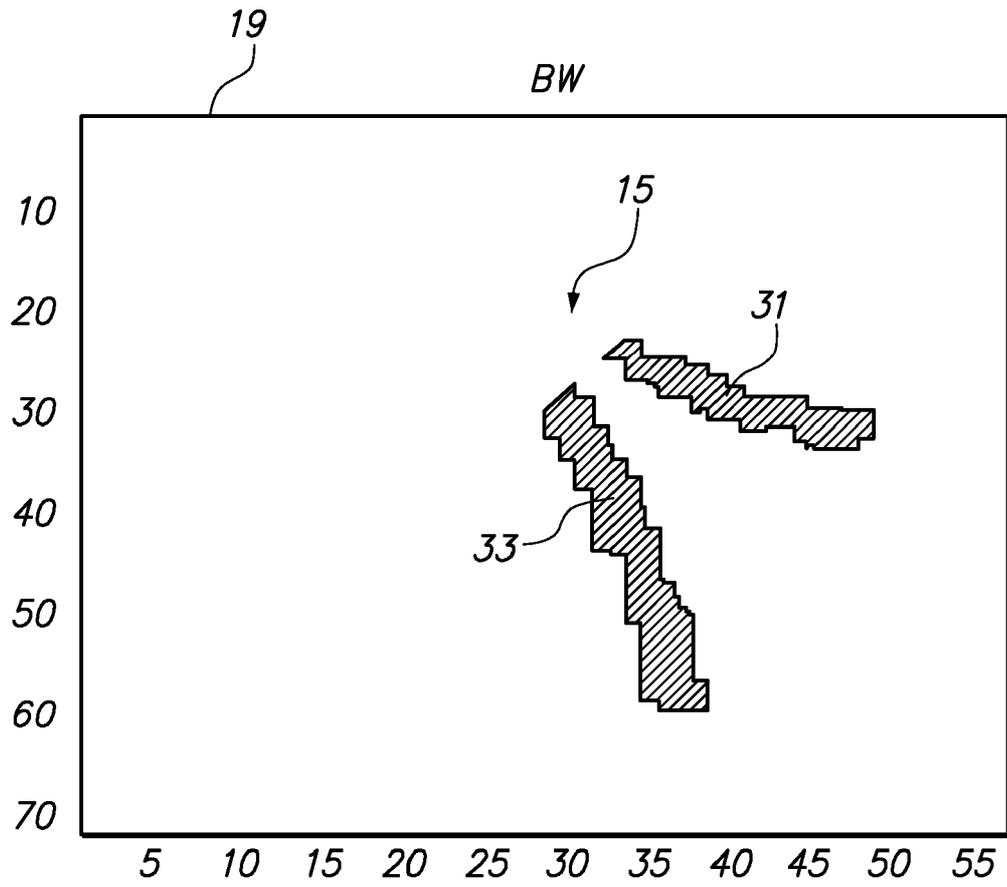


FIG. 7

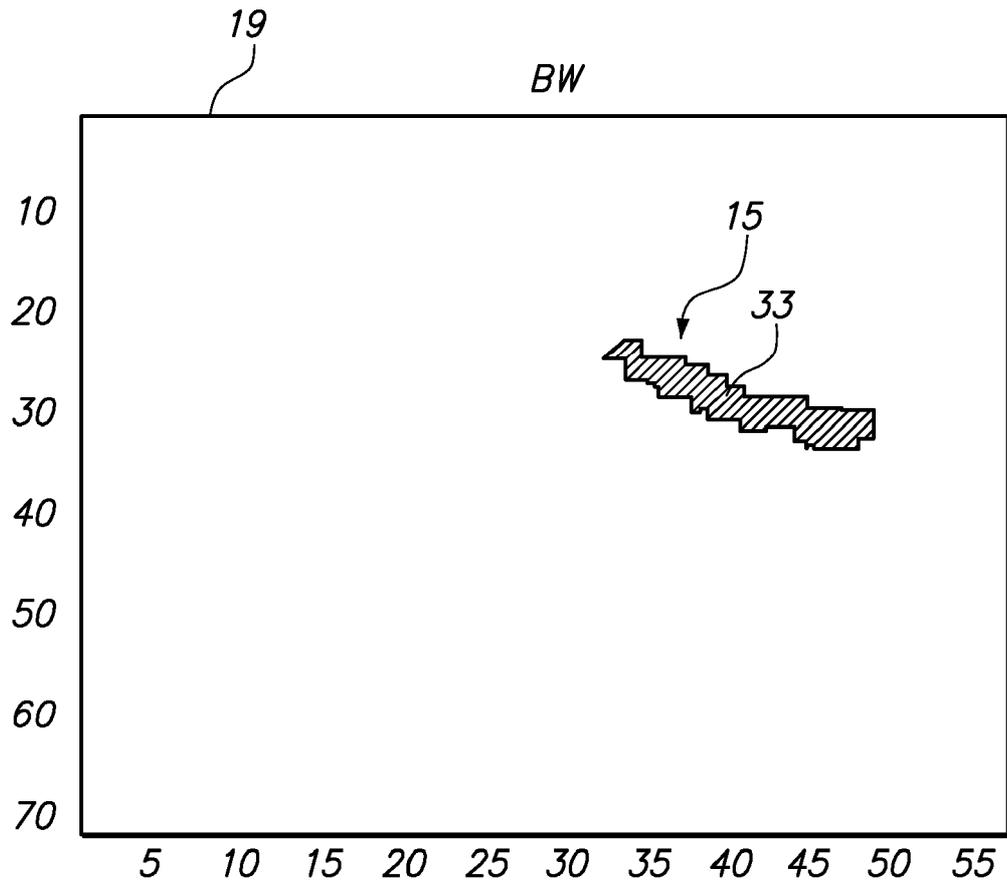


FIG. 8

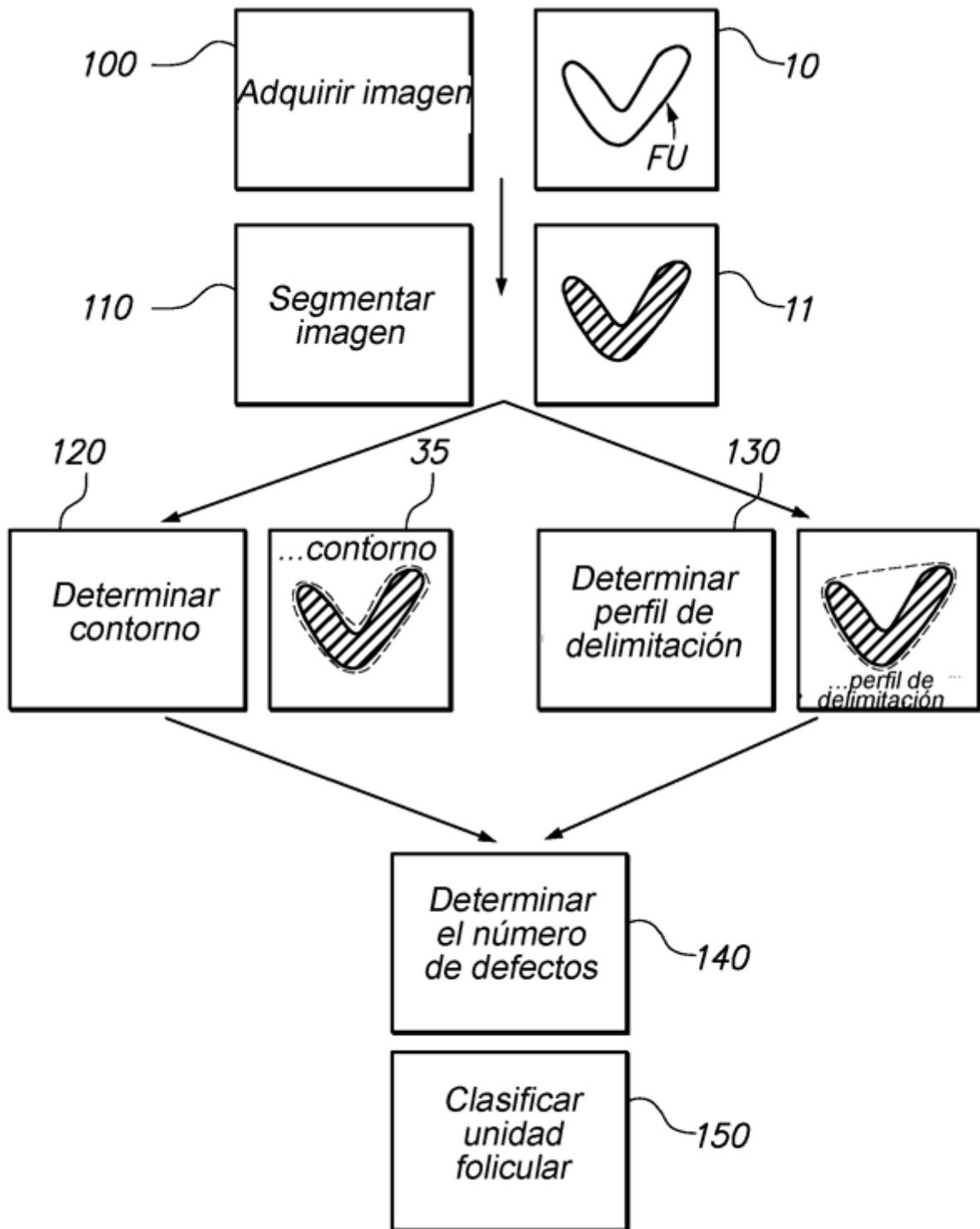


FIG. 9

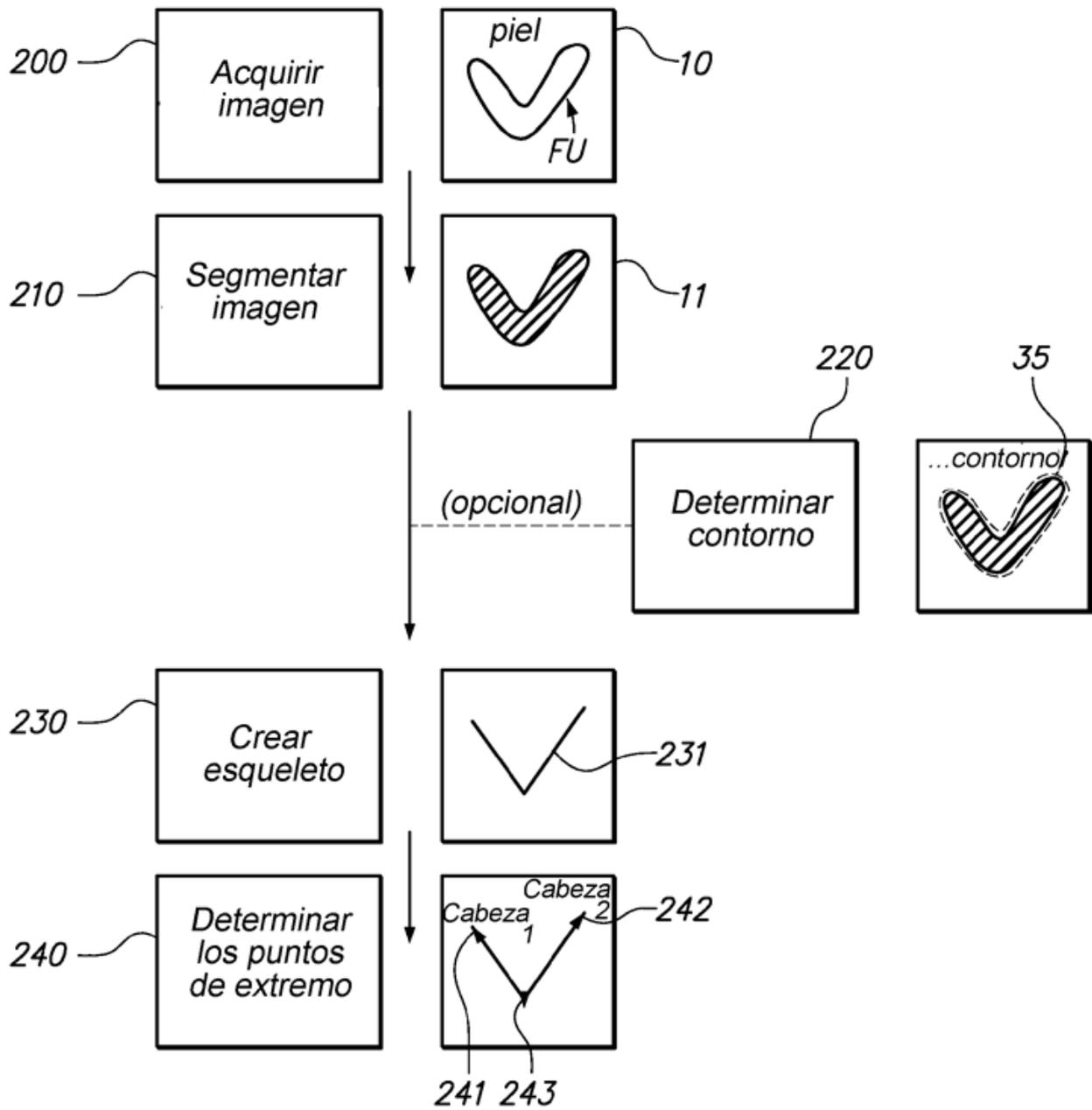


FIG. 10