

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 513**

51 Int. Cl.:

A61B 34/32 (2006.01)

A61F 2/10 (2006.01)

A61B 34/10 (2006.01)

A61B 17/3205 (2006.01)

A61B 17/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.03.2010 PCT/US2010/026102**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.09.2010 WO10104718**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2010 E 10708057 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2017 EP 2405821**

54 Título: **Sistema y método para orientar una herramienta para trasplantar cabellos utilizando modelos de piel topológicos generados por imagen**

30 Prioridad:

11.03.2009 US 402355

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

20.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**QURESHI, SHEHRZAD, A. y
CANALES, MIGUEL, G.**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 655 513 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 orientar una herramienta para trasplantar cabellos utilizando modelos de piel topológicos generados por imagen

Campo de la invención

5 La invención se refiere, en general, a sistemas y métodos para orientar una herramienta para transportar unidades foliculares y, en particular, a dispositivos y técnicas que permiten reducir el daño potencial y a mantener la integridad de los folículos de cabello recolectados.

Antecedentes de la invención

10 Los procedimientos de trasplante de cabello son bien conocidos, y típicamente suponen recolectar injertos de cabello de donante de “áreas de donante”, por ejemplo, áreas de bandas laterales y posteriores del cuero cabelludo del paciente, u otras superficies, e implantarlos en un área sin pelo (“área de receptor”). Varias técnicas fueron desarrolladas a lo largo de los años para recolectar injertos de pelo de donante. Una de dichas técnicas incluye escindir una banda de piel de la parte posterior del cuero cabelludo y después diseccionar la banda utilizando un microscopio para aislar de forma individual unidades foliculares de cabello para un implante posterior en el área del receptor. Esta técnica sufre numerosas desventajas, incluyendo ser muy larga en el tiempo, tediosa, cara, y requiriendo una sutura y dando por resultado cicatrices. Recientemente algunos médicos emplean una técnica denominada extracción de unidad folicular (“FUE”) que permite la recolección de unidades foliculares individuales sin una necesidad de cortar una banda de tejido del cuero cabelludo del paciente.

20 Un método FUE para recolectar unidades foliculares permite recolectar unidades foliculares directamente del área del donante utilizando un punzón hueco que tiene un borde cortante y una abertura interior con un diámetro de, por ejemplo, 1 mm. El punzón es utilizado para hacer una pequeña incisión circular en la piel alrededor de la unidad folicular. Posteriormente, la unidad folicular es retirada, por ejemplo, utilizando una pinza, para el implante posterior en un sitio del receptor con una aguja de inserción especialmente diseñada. El procedimiento FUE evita la producción de cicatrices asociada con el corte de una banda de cuero cabelludo, reduce las molestias del paciente, y reduce el tiempo de recuperación, sin embargo, es un procedimiento laborioso, toma mucho tiempo realizarlo y requiere un alto grado de habilidad técnica.

25 El documento de patente de los EE.UU No. 6,572,625 (la “patente Rassman”) describe un mecanismo para una alineación de folículos del cabello con un punzón de recolección hueco durante un procedimiento FUE. El procedimiento de la recolección descrito en la patente Rassman enseña los usuarios a alinear un eje del instrumento de recolección a lo largo del eje de la unidad folicular que se va a extraer.

30 El documento WO 2007/041267 A2 da a conocer un sistema automatizado para recolectar o implantar unidades foliculares en donde una herramienta es orientada con respecto a una unidad folicular, basándose en una imagen procesada de la unidad folicular.

Resumen

35 La divulgación proporciona, entre otras cosas, un método de acuerdo con la reivindicación 1 y un sistema tal y como se define en la reivindicación 14.

40 De acuerdo con un aspecto de la divulgación, se proporciona un método para orientar una herramienta para recolectar unidades foliculares con una unidad folicular que se va a recolectar. En algunos modos de realización, el método comprende elegir un ángulo de aproximación mínimo de una herramienta para recolectar unidades foliculares; determinar un ángulo de emergencia de una FU de interés; comparar el ángulo de emergencia de la FU de interés con un ángulo de aproximación mínimo de la herramienta; y orientar la herramienta con respecto a la FU de interés basándose en un resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. En algunos modos de realización, orientar la herramienta comprende mover de forma automática un brazo robotizado al cual está conectada a la herramienta de forma operativa. En otros modos de realización, orientar la herramienta comprende orientar de forma manual una herramienta de mano, por ejemplo, accionando un mecanismo de ajuste.

45 De acuerdo con otro aspecto de la divulgación, se proporciona un método para recolectar unidades foliculares a partir de una superficie del cuerpo. Dicho método comprende posicionar una herramienta de recolección que tiene un hueco sobre una FU a recolectar, teniendo la FU un eje alargado; orientar la herramienta de recolección con respecto al eje alargado de la FU basándose en un resultado de una comparación de un ángulo de emergencia de la FU con un ángulo de aproximación mínimo seleccionado de la herramienta de recolección; insertar la herramienta de recolección en la superficie del cuerpo alrededor de la FU a recolectar; y retirar la FU.

50 De acuerdo con otro aspecto más de la divulgación, se proporciona un método para orientar una herramienta para trasplantar unidades foliculares. En algunos modos de realización el método comprende elegir un ángulo de aproximación mínimo de la herramienta (por ejemplo, utilizando un ángulo de aproximación mínimo preseleccionado

de una herramienta); determinar un ángulo de emergencia de una FU de interés; comparar el ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta; y orientar la herramienta con respecto a la FU de interés basándose en un resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. En algunos modos de realización, la herramienta es una herramienta de implante de cabello y el método está dirigido a la orientación de la herramienta de implante de cabello con respecto al sitio de implante.

De acuerdo con un aspecto adicional de la divulgación, se proporciona otro método para orientar una herramienta para implantar unidades foliculares. Este método es especialmente útil cuando no hay o hay un número muy limitado de unidades foliculares preexistentes en el sitio de implante. En algunos modos de realización, el método comprende generar una o más FUs o cabellos virtuales que tengan un ángulo de emergencia, por ejemplo, utilizando marcadores de referencia; seleccionando o utilizando un ángulo de aproximación mínimo preseleccionado de una herramienta de implante para implantar unidades foliculares; en donde el uno o más cabellos virtuales es generado de tal manera que el ángulo de emergencia del uno o más cabellos virtuales es igual a o mayor que el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta de implante; y orientar la herramienta de implante con respecto al uno o más cabellos virtuales basándose en un resultado de una comparación del ángulo de aproximación mínimo de la herramienta de implante con el ángulo de emergencia del uno o más cabellos virtuales.

Un aspecto adicional más de la divulgación, proporciona un sistema para el trasplante de cabello, que comprende una interfaz adaptada para recibir unos datos de imagen que contienen una unidad folicular (FU); y un procesador de imagen que comprende uno o más módulos para ejecutar operaciones en los datos de imagen, incluyendo el uno o más módulos instrucciones para seleccionar o utilizar un ángulo de aproximación mínimo preseleccionado de una herramienta utilizada en el trasplante de unidades foliculares; determinar un ángulo de emergencia de la FU; comparar el ángulo de emergencia de la FU con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta; y orientar la herramienta con respecto a la FU basándose en un resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. El sistema puede además incluir un dispositivo de adquisición de imagen. En algunos modos de realización, el sistema es un sistema robotizado, en otros modos de realización el sistema está configurado para utilizar dispositivos de trasplante de cabello de mano.

Otro sistema de la presente divulgación, comprende un dispositivo de adquisición de imagen y un procesador, el procesador configurado para determinar un ángulo de emergencia de una FU de interés; elegir un ángulo de aproximación mínimo de la herramienta utilizado en el trasplante de las unidades foliculares; comparar el ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta; y orientar la herramienta con respecto a la FU de interés basándose en un resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta.

Un artículo de fabricación comprende un medio accesible por máquina que incluye datos los cuales, cuando se acceden por una máquina, provocan que la máquina realice operaciones, comprendiendo determinar un ángulo de emergencia de una FU de interés; elegir un ángulo de aproximación mínimo de la herramienta utilizada en el trasplante de unidades foliculares; comparar el ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta; y orientar la herramienta con respecto a la FU de interés basándose en un resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta.

Sistemas y métodos descritos en el presente documento se pueden implementar para utilizar con sistemas y procedimientos manuales, parcialmente automatizados y totalmente automatizados, incluyendo robotizados, para la retirada de unidades biológicas, incluyendo la recolección y/o el trasplante de cabello. Otros y objetos y ventajas adicionales de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lee en vista de las figuras que acompañan.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de la presente invención se apreciarán a medida que las mismas lleguen a comprenderse mejor con referencia a la memoria descriptiva, reivindicaciones y dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un método de extracción de unidad folicular de acuerdo con la técnica anterior y una transacción de folículo de cabello asociada con dicho método;

La figura 2 es una vista en perspectiva esquemática de un ejemplo de un sistema robotizado para su uso con algunos modos de realización de la invención;

La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo del proceso de ajuste de superficie;

Las figuras 4A y 4B son vistas esquemáticas que muestran un ángulo de emergencia de la unida(es) folicular de interés y un ángulo de aproximación de herramienta;

Las figuras 5A y 5B muestran ejemplos de la orientación de herramienta con respecto a las FUs de acuerdo con la invención;

La figura 6 es una representación esquemática de un ejemplo de uso del modelado de ajuste de superficie en el implante de cabello;

La figura 7 es una representación esquemática de otro ejemplo de uso del modelado de ajuste de superficie en el implante de cabello; y

- 5 La figura 8 es una vista esquemática de un modo de realización de ejemplo de un sistema de recolección/implante de cabello para su uso en un dispositivo manual para el trasplante de cabello.

Descripción detallada de modos de realización preferidos

10 En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos que acompañan que muestran, a modo de ilustración, algunos modos de realización de ejemplo en los cuales se puede llevar a la práctica la invención. A este respecto, la terminología direccional tal como “superior”, “inferior”, “delantera”, “trasera”, “distal”, “proximal”, etc. es utilizada con referencia la orientación de la figura(s) que está siendo descrita. Debido a que los componentes o modos de realización de la presente invención se pueden posicionar en varias orientaciones diferentes, la terminología direccional es utilizada para propósitos de ilustración y en ningún caso es limitativa. Se ha de entender que se pueden utilizar otros modos de realización y se pueden realizar cambios estructurales o lógicos sin alejarse del alcance de la presente invención. La siguiente descripción, por lo tanto, no se ha de tomar en un sentido limitativo y el alcance de la presente invención es definido por las reivindicaciones adjuntas.

15 El adjetivo “automatizado” con referencia a un sistema o proceso como un conjunto significa que alguna parte o todo el sistema particular o una etapa en el proceso incluyen un mecanismo o función autónoma, es decir, ese mecanismo o función no requiere un accionamiento manual. Finalmente, una o más etapas en el procedimiento pueden ser automatizadas, o ser autónomas, con algunas partes requiriendo una aportación manual. Esta definición engloba un sistema automatizado que requiere sólo un operario para presionar un interruptor de encendido o para programar el funcionamiento, y también un sistema en el cual se utilizan herramientas de mano pero algunos mecanismos de sistema funcionan de forma autónoma, es decir, sin aportación humana, para realizar una función. Alguno de los sistemas automatizados descritos en el presente documento también puede ser asistido de forma robotizada o controlados por ordenador/software/instrucciones de máquina. Los dispositivos y métodos de la presente invención son útiles en procedimientos y sistemas manuales así como en procedimientos y sistemas automatizados. Las herramientas de la presente invención podrían ser utilizadas con los sistemas y procedimientos asistidos de forma robotizada. El adverbio “de forma automatizada” cuando se refiere al uso de un componente particular de un sistema o de una etapa particular en un procedimiento significa que dicha etapa es lograda de forma autónoma, es decir, sin asistencia manual en tiempo real.

20 El término “herramienta” o “herramienta de recolección” o “herramienta de implante” tal y como se utiliza en el presente documento se refiere a cualquier número de herramientas o efectores finales que son capaces de retirar o recolectar unidades foliculares (“FUs”) de una superficie del cuerpo, o implantar una FU en una superficie del cuerpo. En este sentido, una superficie del cuerpo se puede estar fijado el cuerpo o puede ser cualquier pestaña o piel o tejido corporal retirado del cuerpo. Dichas herramientas pueden tener diferentes formas y configuraciones. En muchos modos de realización, la herramienta comprende un vástago tubular hueco y por tanto puede ser etiquetada, por ejemplo, como una cánula, una aguja, o un punzón. Los términos “conectado de forma operativa”, “acoplado” o “montado” o “fijado” como se utilizan en el presente documento significan acoplado, fijado, o montado de forma directa o indirecta a través de uno o más componentes intervinientes.

25 Tal y como se mencionó anteriormente, aunque la invención es particularmente útil en la recolección e implante de cabello para proporcionar dispositivos y métodos para recolectar e implantar unidades foliculares (FUs), no está limitada al trasplante de cabello. Otros procedimientos que requieren un modelo de la superficie de la piel del paciente, donde dicha superficie de piel se asume que tiene algo de cabello, pueden beneficiarse del sistema y método de las invenciones descritas en el presente documento. Un ejemplo de aplicabilidad de la invención es una toma de imagen de la piel diagnóstica para propósitos cosméticos o médicos distintos. En algunas aplicaciones, la invención se puede utilizar con un sistema de visión diseñado para seguir el crecimiento del cabello a lo largo de un periodo largo de tiempo (por ejemplo, cada cabello individual recibe una huella digital, con una parte de su huella digital siendo el ángulo de emergencia natural del cabello).

30 La figura 1 ilustra ciertos problemas asociados con los dispositivos existentes para la recolección de una unidad folicular. Durante la técnica de extracción folicular, el operario a línea un punzón de recolección sustancialmente paralelo con la porción visible de los cabellos que sobresalen por encima de la piel, por ejemplo, tal y como se describe en la patente de los EE.UU No. 6,572,625. El punzón es entonces empujado dentro de la piel, a menudo con una fuerza significativa. Tal y como se aprecia en la figura 1, cada folículo 1 de la unidad folicular (“FU”) tiene un bulbo 2 de cabello (una porción más inferior por debajo de la superficie) y un tallo 3 de cabello, el tallo de cabello se extiende a través de la epidermis, la dermis y las capas de grasa subcutáneas de la piel. El bulbo 2 de cabello representa una de las estructuras críticas del folículo que contiene células madre foliculares y melanocitos, otras estructuras críticas (no mostradas) incluyen, por ejemplo, glándulas sebáceas, vainas radicales exteriores. Cuando se recolectan unidades foliculares para una implantación posterior en otra área, es importante no dañar estas estructuras críticas.

Una de las limitaciones, sin embargo, de los dispositivos y métodos basados en FUE está provocada por el hecho de que los folículos de cabello no mantienen la misma dirección de crecimiento bajo la piel. Muy a menudo un folículo de cabello cambia de forma significativa su dirección o ángulo por debajo de la piel. Tal y como se puede apreciar en la figura 1, la orientación de la porción del tallo 3 de cabello por encima de la piel difiere de la orientación de la porción del tallo 3 de cabello por debajo de la piel. En general, se ha observado que un ángulo de emergencia de la FU desde la piel es más agudo que su recorrido subcutáneo. Como resultado, alineando la herramienta 4 de recolección de cabello con el eje visible de la FU por encima de la piel y haciendo avanzar el punzón basándose en la porción visible del folículo de cabello por encima de la piel, puede resultar en una transección de la FU, dañando la o haciéndola inservible. Tal y como se puede apreciar en la figura 1, haciendo avanzar la herramienta 4 de recolección de cabello a lo largo del eje del tallo 3 de cabello en un ángulo agudo resulta en la transección (corte) de una porción del folículo de cabello por debajo del nivel de la piel que contiene el bulbo 2 de cabello.

También se ha observado que una herramienta, tal como un punzón hueco dirigido en el cuero cabelludo a una alta velocidad y alineado con el folículo de cabello situado en un ángulo agudo: 1) tenderá a raspar la piel; 2) creará una incisión inconsistente e indeseablemente asimétrica en la piel. Por ejemplo, el borde de ataque del punzón hará una incisión más profunda en la piel que el borde opuesto. Esto no es deseable debido a que la incisión más profunda con el borde de ataque puede cortar el folículo. Esta acción ha sido observada con una fotovideografía a alta velocidad y clínicamente.

Para evitar o reducir de forma sustancial los problemas descritos anteriormente, se ha desarrollado una técnica tal y como se describe en el presente documento. Los beneficios de los sistemas y métodos descritos incluyen la reducción de las tasas de transección de los folículos durante la recolección, evitando que las agujas de recolección se deslicen de la superficie del cuerpo (por ejemplo, el cuero cabelludo), raspando la superficie de la piel, o penetrando de forma insuficiente la superficie de la piel debido a los ángulos agudos a los cuales la aguja puede aproximarse a la superficie, así como mejorando los resultados estéticos durante el implante de cabello. El "ángulo de aproximación" de la aguja con respecto a la superficie del cuerpo, por ejemplo, un cuero cabelludo (tal y como se describe con más detalle en referencia la figura 4A), es importante tanto en procesos de recolección como de implante. Durante la recolección, es deseable evitar que estos folículos estén dispuestos casi planos contra el cuero cabelludo, debido a que la aguja tenderá a raspar la piel durante la punción, por lo tanto incrementando las tasas de transección. Durante el implante, es deseable hacer coincidir los ángulos de los folículos existentes de manera que los folículos de cabello implantados nuevos se mezclen de forma más natural.

En ambos casos es beneficioso computar un modelo del cuero cabelludo del paciente (u otra superficie del cuerpo relevante) en tiempo real, y utilizar este modelo para medir el ángulo de emergencia de cabellos existentes en el campo de visión (FOV) de la cámara, así como el ángulo de aproximación del aguja con respecto a dicha superficie del cuerpo. En algunos modos de realización, el modelo de la superficie del cuerpo es parametrizado utilizando un modelo plano (es decir, representando el cuero cabelludo del paciente como un plano). En otros modos de realización, el modelo tiene en cuenta las curvaturas del cuerpo y dimensiones en 3D. Por lo tanto, las soluciones divulgadas en el presente documento de ninguna manera son limitativas a los modelos particulares descritos, proporcionados como ejemplos únicamente.

La figura 2 es una vista en perspectiva esquemática de un ejemplo del sistema 20 robotizado que podría ser implementado con la metodología de las invenciones descritas en el presente documento. El sistema 20 incluye un brazo 22 robotizado y un conjunto 24 montado, por ejemplo, para el giro en un tubo 26 inferior del brazo robotizado. Varias flechas son mostradas para ilustrar las capacidades de movimiento del sistema 20. Varios motores y otros dispositivos de movimiento pueden incorporarse en el conjunto 24 para permitir movimientos precisos de una punta operativa de una herramienta 28 en direcciones múltiples. El sistema 20 robotizado de ejemplo además incluye al menos un dispositivo 29 de adquisición de imagen, que es descrito con más detalle más abajo. El dispositivo de adquisición de imagen puede estar montado en una posición fija, o puede estar acoplado (directamente o indirectamente a un brazo robotizado u otro dispositivo de movimiento controlable. La punta operativa de la herramienta 28 es mostrada situada sobre una superficie 30 del cuerpo, en este caso una parte del cuero cabelludo del paciente que tiene folículos del cabello sobre el mismo. La herramienta 28 es cualquier número de herramientas de recolección y/o implante útiles para, respectivamente, retirar y/o implantar unidades foliculares desde y en la superficie 30 del cuerpo. En algunos modos de realización, la herramienta de recolección e implante pueden combinarse en una herramienta, en otros modos de realización, estas herramientas pueden ser herramientas separadas.

Un procesador 32 de la figura 2, comprende un procesador de imagen para procesar imágenes obtenidas del dispositivo 29 de adquisición de imagen. El procesador 32 puede también controlar los distintos dispositivos de movimiento del brazo 22 robotizado y el conjunto 24, incluyendo la herramienta de recolección/implante, y actuar, por ejemplo, a través de un control 34 robotizado tal y como se muestra de forma esquemática en la figura 2. El control 34 robotizado puede estar acoplado de forma operativa al brazo robotizado y configurado para controlar el movimiento del brazo robotizado, incluyendo el movimiento basándose en las imágenes o datos adquiridos por el dispositivo de adquisición de imagen. De forma alternativa, el control 34 robotizado puede estar incorporado como una parte del procesador 32, tal como todo el procesamiento y controles de todos los movimientos de toda las herramientas, incluyendo las herramientas de recolección, el brazo robotizado y cualquier otra parte móvil del conjunto, incluyendo las basadas en las imágenes o datos adquiridos por el dispositivo de adquisición de imagen, están concentrados en

un lugar. El sistema 20 puede además comprender un monitor 35, un teclado 36 y un ratón 38. El sistema de más comprende una interfaz adaptada para recibir unos datos de imagen, varias partes del sistema permiten a un operario monitorizar condiciones y proporcionar instrucciones, cuando se necesiten. Una imagen ampliada de la superficie 30 del cuerpo se puede apreciar sobre el monitor 35. Adicionalmente, el sistema puede comprender otras herramientas, dispositivos y componentes útiles para la recolección y/o implante de la FU, o en la planificación del tratamiento del cabello.

Algunos ejemplos no limitativos de un dispositivo 29 de adquisición de imagen mostrada en la figura 2 incluyen una o más cámaras, tal como cámaras disponibles comercialmente. El dispositivo de adquisición de imagen puede tomar imágenes fijas, o podría ser un dispositivo de grabación de video (tal como una videocámara) o cualquier otro dispositivo o sensor de adquisición de imagen. Aunque los dispositivos de imagen exterior o de vista múltiple son muy útiles en los sistemas y métodos descritos en el presente documento, no es necesario emplear dichas geometrías o configuraciones, y los conceptos descritos en el presente documento por tanto no están limitados. Del mismo modo, aunque se prefiere que el dispositivo de adquisición de imagen sea un dispositivo digital, no es necesario. Por ejemplo, el dispositivo de adquisición de imagen podría ser una cámara de TV analógica que adquiere una imagen inicial que después es procesada en una imagen digital (por ejemplo, a través de un dispositivo analógico-digital como un captador de fonogramas en el acto) para un uso adicional en los métodos de la invención. El dispositivo de adquisición de imagen puede estar acoplado a un sistema de procesamiento, mostrado incorporado en el procesador 32 en la figura 2, para controlar los datos de imagen del funcionamiento y proceso de toma de imágenes.

El procesador de imagen, que algunas veces puede referirse como un procesador, puede comprender cualquier dispositivo adecuado programado y configurado para realizar los métodos descritos en el presente documento. Puede incorporar un único o múltiples procesadores para controlar varios subsistemas y proporcionar la interfaz de usuario. Por ejemplo, el procesador de imagen puede estar programado con un software configurado para realizar los métodos de la invención tal y como se describe adicionalmente con más detalle. A modo de ejemplo, y no delimitación, un procesador de imagen adecuado puede ser un sistema de procesamiento digital que incluye uno o más procesadores u otro tipo de dispositivo. Un procesador de imagen puede ser un controlador o cualquier tipo de ordenador personal ("PC"). De forma alternativa, el procesador de imagen puede comprender un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) o una matriz de puertas programables (FPGA). El procesador de imagen puede también incluir memoria, dispositivos de almacenamiento y otros componentes, en general conocidos en la técnica y, por lo tanto, no necesita ser descrito en detalle aquí.

Descripción del proceso de ajuste de superficie y determinación del ángulo de emergencia.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona el método para modelizar la topología de la piel o de la superficie del cuerpo a partir de imágenes. El diagrama de flujo de la figura 3 ilustra un ejemplo de un modo de realización de un proceso de ajuste de superficie utilizado en las invenciones descritas en el presente documento. El dispositivo de adquisición de imagen, por ejemplo, tal y como se describe en referencia la figura 2, se puede utilizar para obtener imágenes de la superficie del cuerpo que contienen unidades foliculares. En un modo de realización, se utilizan dos cámaras para obtener dos imágenes en escala de grises estéreo con cada evento de adquisición de imagen, por ejemplo, imágenes (100) izquierda y derecha a escala de grises. Las imágenes adquiridas son segmentadas (110). La segmentación se puede lograr, por ejemplo, utilizando un software de segmentación de imagen. Debido a los atributos físicos de la unidad folicular de cabello, su base (es decir, el extremo que emerge de la dermis) puede distinguirse fácilmente de su punta como parte del proceso de segmentación de imagen. Por ejemplo, la porción base tiene un perfil diferente y es generalmente más gruesa que la porción de punta distal. También, típicamente se puede identificar una sombra de la unidad folicular la cual, por definición, está "fijada" a la base. En (120) se realiza una reconstrucción estéreo para situar la posición de una o más unidades foliculares de interés presentes en el campo de visión (FOV). Por ejemplo, un proceso de reconstrucción estéreo que podría ser utilizado en la presente invención es descrito en la solicitud de patente en tramitación con la presente publicada, US 2007/0106306A1 el 10 de mayo de 2007. De acuerdo con el proceso mencionado anteriormente, las localizaciones de los centros de los folículos del cabello son identificadas y se hacen coincidir en ambas imágenes izquierda y derecha rectificadas. Cada folículo tiene una "cola", el punto en el cual el cabello sale de la superficie del cuerpo, por ejemplo, el cuero cabelludo, y "una cabeza", la punta del tallo del cabello. La cabeza y el tallo de cada folículo de cabello son identificados en ambas imágenes izquierda y derecha, en donde se pueden calcular las coordenadas tridimensionales de la cabeza y la cola del folículo de cabellos. Utilizando una geometría de cámara conocida, se determinan las coordenadas 3D de cada FU relevante, incluyendo coordenadas 3D de cada cola y cabeza se determinan. La reconstrucción estéreo es sólo un ejemplo de localización de la posición de unidades foliculares de interés. Por ejemplo, es posible obtener información 3D respecto a folículos en el campo de visión utilizando más de dos imágenes. De forma alternativa, los datos 3D también se pueden obtener a partir de una o más imágenes a escala de grises aumentando el sistema de visión con un dispositivo "buscador de imagen" láser.

Una vez que se conoce una lista de folículos de cabello relevantes y de las coordenadas en 3D de sus cabezas y colas, se puede realizar un ajuste de superficie a las coordenadas de cola de la FU (130). En el ejemplo de la figura 3, se asume que la porción del cuero cabelludo que está siendo convertida en imágenes es plana y se realiza el ajuste de superficie utilizando, por ejemplo, una técnica de mínimos cuadrados. En el ejemplo mostrado, la superficie representa el cuero cabelludo del paciente. Un conjunto de posiciones de cola se puede ajustar a una función de la siguiente forma:

$$(1) Ax + By + Cz + D = 0 \quad [\text{Ecuación 1}]$$

- La ecuación 1 define plano y por lo tanto el sistema representa el cuero cabelludo del paciente como una superficie plana. En general, la función de ajuste podría ser la de un polinomio de orden más alto (por ejemplo, cuadrático de 2º orden o mayor) que tiene en cuenta la curvatura natural del cuero cabelludo. De forma alternativa, se podría ajustar una malla al conjunto de posiciones de cola, lo cual podría ser útil para una superficie generalmente curvada con una cantidad justa de “bultos locales” y “surcos”, por ejemplo, debido a la aplicación de anestésicos tópicos o tumescencia en caso de procedimientos de trasplante de cabello. Aunque el ejemplo anterior emplea la técnica de los mínimos cuadrados para realizar el ajuste de superficie, también se puede utilizar cualquier análisis matemático distinto bien conocido por los expertos en la técnica.
- El modelo de superficie (superficie plana, cuadrática, polinómica de orden más alto, malla, paramétrica, etc.) puede utilizarse para computar un “ángulo de emergencia” de cada unidad de folículo de interés y un “ángulo de aproximación de herramienta” de la herramienta utilizada en el procedimiento (por ejemplo, una herramienta de recolección de cabello, una herramienta de implante de cabello). Las figuras 4A y 4B ilustran los ángulos anteriores para un ejemplo de ajuste plano. Ajustes polinómicos de un orden más alto, tal como cuadrático, podrían utilizar el plano tangente al punto de contacto con la superficie de cuero cabelludo para computar la medida del ángulo de emergencia. En la figura 4A, θ_N representa un ángulo de aproximación de la herramienta 150 (tal como una aguja) desde la superficie del cuerpo, tal como el cuero cabelludo. En la figura 4B θ_{F1} representa un ángulo de emergencia del folículo 1 de cabello desde el cuero cabelludo, mientras que θ_{F2} representa un ángulo de emergencia del folículo 2 de cabello desde el cuero cabelludo, y una flecha N representa un vector perpendicular a la superficie del cuero cabelludo.
- La descripción anterior se basa en cómo la superficie se ajusta a “pequeñas” regiones de la piel, por ejemplo, el cuero cabelludo del paciente, donde “pequeñas” se refiere a una región del cuero cabelludo del orden de aproximadamente 1 cm². Para regiones significativamente más grandes, por ejemplo, un área de 3,5 cm², un supuesto plano puede que no funcione debido a que en realidad la superficie del cuerpo, especialmente la superficie de la cabeza, no es plana sino curva. En este caso, la curvatura se puede aproximar ajustando las coordenadas de la cola de cabello a una superficie semiesférica en 2D, descrita de forma matemática como una cuadrática de 2D. Las coordenadas de cola de folículo medidas se pueden tomar y se puede realizar un ajuste cuadrático a una parábola 2D de la forma, por ejemplo, como sigue:

$$z = A + R(x - x_0)^2 + R(y - y_0)^2,$$

- donde el vértice de la superficie parabólica es (x_0, y_0) , su valor en el vértice es A, y el radio de curvatura del cuero cabelludo del paciente en la región convertida en imagen es R.

Uso del proceso de ajuste de superficie en la recolección de unidades foliculares

- Se determinó que existe un punto de corte (un rango de puntos de corte para varias superficies del cuerpo) en el cual el riesgo de transección se hace alto si se intenta alinear totalmente una herramienta, tal como una aguja, con un cabello dado cuyo ángulo θ de emergencia es demasiado pequeño. La figura 5A representa la situación. La unidad F_1 folicular tiene una porción 162 de tallo “por encima de la piel”, una porción 164 de tallo “por debajo de la piel” y un ángulo θ_{F1} de emergencia. Tal y como se puede apreciar a partir de la figura 5A el ángulo θ_{F1} de emergencia es prácticamente agudo, y hay una diferencia sustancial entre las direcciones de las porciones 162 y 164 de tallo, la porción 164 de tallo por encima de la piel que tiene una dirección subcutánea menos aguda. La unidad F_2 folicular, por otro lado, tiene un ángulo de emergencia más recto y sus porciones “por encima de la piel” y subcutánea del tallo están más cercanas a ser paralelas. El riesgo de transección para el folículo F_1 es comparativamente más alto que para el folículo F_2 debido a que F_1 es mostrado dispuesto casi plano sobre el cuero cabelludo. Cuando de forma temeraria se alinea a F_1 , la herramienta 160, tal como una aguja de recolección, tendrá una propensión más grande a raspar o rozar a lo largo de la superficie durante la punción. Por otro lado dado que el tallo y el bulbo por debajo de este folículo está orientado de forma más próxima a la superficie normal entonces lo que podría hacer sospechar, dada la orientación del tallo fuera de la piel, la posibilidad de que la herramienta 160 corte en transversal F_1 es comparativamente mayor. Por el contrario, si la uva 160 se alinea de forma completa a F_2 , se reduce un riesgo de cortar en transversal este folículo debido a que es más probable que la herramienta 160 siga la dirección subcutánea del folículo F_2 .

- Mientras se realiza la recolección de cabello, especialmente cuando se utiliza un sistema automatizado, tal como un sistema robotizado, es a menudo deseable estirar la piel alrededor del área de localización de la unidad folicular que se va a recolectar. Esto se puede hacer utilizando un dispositivo tensionador de la piel. Se ha observado que cuando se utiliza el dispositivo tensionador de la piel, se tiende a reducir incluso más el ángulo de emergencia de los folículos en el área en el que se aplica el dispositivo tensionador de la piel. Por ejemplo, en algunos casos, la aplicación del dispositivo tensionador de la piel reduce el ángulo de emergencia de las FUs relevantes en el rango de 5-12 grados, en algunos casos en el rango de 7-10 grados. Es decir, si el ángulo de emergencia “natural” del cabello se establece que es de 50 grados, entonces después de la aplicación del dispositivo tensionador de la piel, el ángulo de emergencia mide aproximadamente 43 grados. Como resultado, aumenta incluso más el número de folículos de cabello que van a ser potencialmente cortados en transversal si el usuario alinea la herramienta con dichos folículos del cabello. De

forma similar, la inyección de un salino en el área del donante/receptor puede provocar cambios en el ángulo de emergencia "natural" de los cabellos. Los dispositivos de tensionamiento y las inyecciones de salino se pueden utilizar no sólo en los procedimientos de trasplante de cabello robotizado sino con procedimientos parcialmente automatizados y procedimientos que utilizan dispositivos de mano, por lo tanto, este problema de un gran número de unidades foliculares que tienen un ángulo de emergencia de 45° o menor es aplicable a todos los tipos de procedimientos de trasplante de cabello.

La figura 5B ilustra un método de orientación de la herramienta con respecto a la FU de interés de acuerdo con la invención. Basándose en varios factores y ciertas características, incluyendo la geometría y el diseño de la herramienta o mecanismo utilizado en el procedimiento, la fuerza requerida para facilitar la penetración de la superficie de piel deseada, las medidas de los ángulos de emergencia del cabello existente en el área relevante, se determinó que existe un ángulo θ_c de aproximación de herramienta de corte (también referido como un ángulo de aproximación mínimo de la herramienta) por debajo del cual la herramienta no estará alineada con la FU relevante. Esto se debe a que, por ejemplo, el riesgo de transección, de no cortar el tejido o de crear disecciones asimétricas es demasiado alto. En otras palabras, si el ángulo de emergencia del folículo es menor que θ_c , en lugar de alinear el eje de la herramienta con la porción visible del tallo de la unidad folicular, el usuario orientará la herramienta con dicho ángulo θ_c de aproximación de herramienta de corte. Se sugiere que el ángulo θ_c de aproximación de herramienta mínimo o de corte se seleccionan el rango de, aproximadamente, 40° a 65° y de forma preferible, en el rango de 45° a 55° , y de forma incluso más preferible, en el rango de 50° a 55° para ciertas herramientas y aplicaciones. Como un asunto particular, una gran mayoría del cabello recolectado, especialmente cuando se emplea un tensionador de la piel, tendrá un ángulo de emergencia menor que el sugerido θ_c . En estas situaciones, una herramienta se puede orientar con respecto a la FU de interés restringiendo el ángulo de orientación de la aguja para que sea no menor que el ángulo θ_c de aproximación de corte. En ciertas aplicaciones, puede ser deseable, por las razones mencionadas anteriormente, añadir aproximadamente $15\text{-}20^\circ$ al ángulo de emergencia del folículo de cabello existente relevante para determinar un ángulo θ_c de aproximación mínimo deseable. Por ejemplo, si el ángulo de emergencias de 35° , un ángulo de aproximación mínimo de aproximadamente 50° puede utilizarse para producir resultados de recolección aceptables.

En las figuras 5A y 5B, en el caso de F_1 , debido a que $\theta_{F_1} < \theta_c$, el sistema no se alinea al vector F_1 de cabello y en su lugar orienta el eje de la aguja o punzón $160''$ asumiendo que el ángulo de emergencia de F_1 es θ_c . El cálculo para posicionar la aguja de forma precisa dentro del plano formado por F_1 perpendicular a la superficie del cuero cabelludo utiliza la normal a la superficie N

De acuerdo con un aspecto de la invención como se describió anteriormente, se proporciona un método de orientación de la herramienta para la recolección. Dicho método podría ser utilizado en procedimientos que utilizan sistemas, tales como un sistema robotizado mostrado en el ejemplo de la figura 2, así como en diversos sistemas adicionales, parcialmente automatizados o sistemas manuales, que incluyen utilizar dispositivos de mano, tal y como se describe más abajo en referencia la figura 8. Como una etapa preliminar, se obtiene una imagen de la unidad(es) folicular de interés. Esto se puede lograr mediante cualquier técnica conocida en la técnica. Por ejemplo, en algunos modos de realización un brazo robotizado (o un dispositivo portátil en la mano del médico) con el dispositivo de adquisición de imágenes fijados se puede posicionar de manera que la región de recolección o implante está enfocada para las cámaras. De acuerdo con un modo de realización del método, se determina un ángulo de emergencia de una FU de interés, se elige un ángulo de aproximación mínimo de una herramienta para recolectar las unidades foliculares y se compara el ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. Basándose en un resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta, la herramienta es orientada con respecto a la FU de interés. Si el ángulo de emergencia de la FU de interés es menor que el ángulo de aproximación mínimo seleccionado, la herramienta es orientada al ángulo de aproximación mínimo, y no está alineada con el ángulo de emergencia actual de la FU. En algunos modos de realización, la herramienta se puede orientar moviendo de forma automática un brazo robotizado al cual está acoplada la herramienta. En otros modos de realización, se acciona un mecanismo de ajuste para orientar una herramienta de mano de acuerdo con el método anterior. Varios ejemplos del mecanismo de ajuste son descritos en referencia la figura 8.

Con el fin de aumentar el rendimiento de un sistema, se puede determinar un ángulo de emergencia de una FU de interés como un ángulo de emergencia representativo basándose en la información de una pluralidad o de un grupo de unidades foliculares de interés. Por ejemplo, se adquiere primero una imagen del grupo/pluralidad de unidades foliculares. Como antes, esto se puede lograr mediante una técnica conocida en la técnica. El ángulo de emergencia de cada una de las unidades foliculares en el grupo, o un número representativo de, o un número predeterminado del grupo de unidades foliculares se puede determinar, y calcular un valor promedio o medio del ángulo de emergencia determinado. Un ángulo de aproximación mínimo de una herramienta, por ejemplo una herramienta para recolectar unidades foliculares, es elegido de un valor promedio o medio del ángulo de emergencia determinado del grupo de unidades foliculares (que es ahora utilizado para representar un ángulo de una FU de interés) se compara con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. Basándose en un resultado de la comparación anterior, la herramienta es orientada con respecto a cada una de las unidades foliculares del grupo en el mismo ángulo de aproximación. De esta manera, se puede minimizar el número de re-orientaciones que tiene que sufrir la herramienta durante una sesión de tratamiento y aumentar la eficiencia. Como se indicó antes, si el ángulo de emergencia del "grupo representativo" determinado de la unidad folicular de interés es menor que el ángulo de aproximación mínimo

seleccionado, la herramienta se orienta al ángulo de aproximación mínimo. Un enfoque similar aplica cuando se utiliza con una herramienta de implante de cabello.

Tal y como se explicó previamente, varios rangos de los ángulos de aproximación de la herramienta mínimos se pueden elegir dependiendo de una aplicación o posición particular de una o más unidades foliculares, o cuando se utilice para el implante de cabello tal y como se describe más abajo. Se podría basar en una posición de un sitio de implante. En algunos modos de realización, el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta puede variar dependiendo de la posición general o específica de una unidad folicular o de un grupo de unidades foliculares. Por ejemplo, el ángulo de aproximación mínimo en la parte superior del cuero cabelludo puede ser diferente al ángulo de aproximación mínimo en los lados o en la parte posterior del cuero cabelludo. En otros modos de realización, el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta de recolección (o implante) puede basarse en una función lineal, escalonada, polinómica u otra función del ángulo de emergencia determinado de una o más unidades foliculares, incluyendo las situadas cerca del sitio de implante y/o “cabellos virtuales” tal y como se describió en referencia al implante de unidades foliculares. De acuerdo con otro aspecto más de la invención, se proporciona un método para recolectar unidades foliculares de una superficie del cuerpo. Dicho método comprende posicionar una herramienta de recolección que tiene una abertura sobre una FU de interés. Dicha FU de interés tiene un eje alargado. El método además comprende orientar la herramienta de recolección con respecto al eje alargado de la FU basándose en un resultado de una comparación de un ángulo de emergencia de la FU con el ángulo de aproximación mínimo seleccionado de la herramienta de recolección. La herramienta de recolección es insertada en la superficie del cuerpo alrededor de la FU de interés que se va a recolectar y la FU es retirada de la superficie del cuerpo. Determinar un ángulo de emergencia de la FU se puede lograr utilizando modelos de piel topológicos generados por imagen, tal y como se describió anteriormente. Orientar la herramienta de recolección se puede lograr utilizando de forma automática, por ejemplo, un sistema robotizado, o podría hacerse de forma manual si se utiliza una herramienta de mano tal y como se describe más abajo en referencia la figura 8.

Uso de un proceso de ajuste de superficie en el implante de unidades foliculares

Durante el implante, para mejorar la calidad y apariencia de los injertos de pelo implantados, es deseable averiguar la localización y orientación deseadas (o ángulo de emergencia) de los folículos de cabello que se van a implantar basándose en la densidad, localización y ángulos de emergencia del cabello existente previamente en el área de los lugares de implante (área del receptor), para esos casos en donde existe cabello existente previamente cerca de los sitios de implante. Sin embargo, como con la recolección de cabello, si el ángulo de emergencia del cabello que existe previamente es muy bajo, tal como por debajo, por ejemplo de 40-45°, hacer coincidir con el ángulo de aproximación de la herramienta de implantación con los ángulos de emergencia del cabello existente previamente puede que no sea deseable y no proporcionará resultados satisfactorios. Por ejemplo, aproximando la superficie del cuerpo, tal como el cuero cabelludo con la herramienta de implante en ángulos muy bajos puede resultar en el deslizamiento de la herramienta, el rozamiento del cuero cabelludo, o la no penetración a la profundidad deseada, y por lo tanto se evita el implante correcto. Para eliminar estas situaciones, se ha desarrollado el siguiente método. De acuerdo con algunos modos de realización, los puntos sin pelo de la superficie ajustada son definidos y entonces se generan los “cabellos virtuales” o falsos propuestos (sitios) que tienen ángulos de emergencia que coinciden con los ángulos de emergencia del cabello existente. Éstos cabellos virtuales necesitan generarse de manera que se disponen en la superficie del cuero cabelludo, de manera que la herramienta de implante puede ser entonces alineada con los sitios justo antes del implante actual. La figura 6 es una representación de este procedimiento y se basa en la suposición de que el paciente tiene algo de cabello existente previamente en el área del sitio de implante propuesto. De forma similar a los procesos descritos en referencia la figura 3, se obtienen, se procesan y se segmentan imágenes que contienen unidades foliculares “reales” existentes, y se identifican los cabellos en el FOV (marcados como F_i en la figura 6). En 200, el procesador de imagen analiza imágenes, por ejemplo, imágenes estéreo, e identifica un conjunto de puntos sin pelo donde se pueden generar sitios de implante candidatos. (Si en la figura 6). Los cabellos existentes son reconstruidos posteriormente en sus coordenadas en 3D (en 210) y se realiza un ajuste de superficie (en 220), por ejemplo, tal y como se explicó en referencia la figura 3. En 230 se crean los sitios de implante generando cabellos virtuales. En algunos modos de realización, cuando se generan cabellos virtuales, se puede elegir inicialmente no hacer coincidir de forma automática su orientación con la orientación de los cabellos existentes previamente, sino más bien comparar cada ángulo de emergencia relevante al ángulo de aproximación mínimo recomendado de la herramienta, y genera cabellos virtuales de manera que nunca aparecen por debajo del ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. El ángulo de aproximación de la herramienta mínimo recomendado puede seleccionarse en los mismos rangos que se proporcionaron anteriormente, por ejemplo, entre 45° y 65° dependiendo de un área específica del cuero cabelludo que va a ser implantada. En otros modos de realización, los cabellos virtuales son generados inicialmente basándose al menos parcialmente en los ángulos de emergencia de los cabellos existentes previamente. Sin embargo, durante la etapa de orientar la herramienta de implantación, el ángulo de emergencia del cabello virtuales comparado al ángulo de aproximación mínimo sugerido de la herramienta, y la herramienta es orientada para el implante basándose en los resultados de dicha comparación, tal y como se describió anteriormente. Si se utiliza un sistema robotizado para el trasplante de cabello, entonces el brazo robotizado con la herramienta de implante se orienta el mismo de forma apropiada (dependiendo de la comparación entre el ángulo de emergencia de esos cabellos virtuales y el ángulo de aproximación de herramienta mínimo). De forma alternativa, en caso de que el procedimiento que se lleva a cabo utilice un dispositivo de mano, el usuario que sujeta la herramienta de implante orienta la herramienta para el implante basándose en los resultados de la misma comparación. El operario puede también elegir mover estos sitios de implante

generados de forma automática si lo desea. Con el fin de hacer este movimiento físicamente significativo, como el operario utiliza el ratón (u otro dispositivo apuntador) para mover el cabello(s) individual se alteran sus posiciones de cola de manera que se disponen sobre la superficie ajustada que representa el cuero cabelludo del paciente.

5 El proceso mencionado anteriormente es viable si existe una multitud de cabellos reales existentes previamente en el FOV. Estrictamente hablando, debe haber al menos tres cabello reales para un ajuste plano pero hablando prácticamente se requiere al menos 3x, o más para un análisis de regresión robusto. Si el paciente está completamente calvo o con un pelo muy escaso, el sistema puede utilizar marcadores externos (de referencia) o señales anatómicas (por ejemplo, manchas, cicatrices, etc.) para realizar un ajuste de superficie. La figura 7 es una ilustración de esta metodología que utiliza referencias colocadas, por ejemplo, en el cuero cabelludo del paciente (ver 300). En algunos modos de realización, se pueden colocar referencias, por ejemplo, en un tensionador de piel utilizado durante el procedimiento en lugar de la superficie del cuerpo real, tal como el cuero cabelludo. En 310, son adquiridas las imágenes de la superficie del cuerpo con referencias, en 320 se realiza el procesamiento descrito anteriormente, incluyendo la segmentación, determinación de referencias y posiciones de puntos sin pelo. En 330, se hace una reconstrucción en 3D y en 340 se realiza el ajuste de superficie. Después de que se realice el ajuste de superficie, se generan cabellos (o sitios) virtuales tal y como se muestra en 350 y como se describe más abajo en referencia la figura 6. Como antes, o bien el ángulo de emergencia de dicho cabello virtual, o la orientación de la herramienta de implantación se determina basándose teniendo en cuenta la cantidad de ángulo de aproximación mínimo de la herramienta de implante, tal como una aguja. Una de las consideraciones de entrada es el área del cuero cabelludo que está siendo implantada. Son deseables ángulos/orientaciones más agudas en la línea capilar y en la región de la sien. Ángulos menos agudos son comunes en la parte superior del cuero cabelludo. Las etapas del implante de cabello (ya se utilicen sistemas automatizados o manuales) pueden ser las mismas o similares a las descritas en referencia la figura 6. En un modo de realización utilizado como ejemplo, el método para orientar una herramienta para implantar unidades foliculares con respecto a una superficie del cuerpo puede comprender utilizar marcadores de referencia para generar una o más FU virtuales que tengan un ángulo de emergencia; seleccionar o utilizar un ángulo de aproximación mínimo seleccionado previamente de una herramienta de implante para implantar unidades foliculares; identificar el ángulo de emergencia de la una o más FU virtuales para que sea no inferior que el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta de implante; y orientar la herramienta de implante con el ángulo de emergencia identificado de una o más FU virtuales.

30 En ciertos modos de realización, se puede implementar un procedimiento combinado utilizando métodos descritos previamente con referencia a la recolección de cabello y que comprende además el proceso de ajuste de superficie y/o la determinación del ángulo de emergencia para orientar una herramienta para implantar las FUs, en la generación de cabellos virtuales, y la creación de sitios de implante.

35 El procesador de imagen, tal como cualquiera de los descritos en referencia la figura 2, procesa la imagen obtenida para identificar la información deseada con respecto a la unidad folicular de interés. El procesador de imagen puede estar configurado para determinar un ángulo de emergencia de la unidad folicular, eligiendo un ángulo de aproximación mínimo de una herramienta para recolectar unidades foliculares, y comparando el ángulo de emergencia de la unidad folicular con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. Basándose en los resultados de dicha comparación, se puede configurar para controlar el brazo robotizado con la herramienta de recolección fijada (o una herramienta de mano en procedimientos manuales) de cómo orientarse con respecto a la unidad folicular. El procesador de imagen puede también estar configurado para practicar métodos de la invención durante el implante de cabello, tal y como se describió anteriormente. Por ejemplo, puede estar configurado para determinar un ángulo de emergencia de la unidad folicular existente previamente, elegir un ángulo de aproximación mínimo de una herramienta para implantar unidades foliculares, y comparar el ángulo de emergencia de la unidad folicular con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. Basándose en los resultados de dicha comparación, se puede configurar para controlar el brazo robotizado con la herramienta de implante fijada (o una herramienta de mano en procedimientos manuales) de cómo orientarse de forma consecuente.

40 Las invenciones divulgadas en el presente documento también están dirigidas a un procesador de imagen que comprende uno o más módulos o componentes para ejecutar operaciones en los datos de imagen. El uno o más módulos anteriores puede incluir instrucciones para uno o más de los siguiente: recibir una imagen que contenga una FU; determinar un ángulo de emergencia de la FU; seleccionar un ángulo de aproximación mínimo de una herramienta utilizada en el procedimiento de trasplante de cabello; comparar el ángulo de emergencia de la FU con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta; y orientar la herramienta con respecto a la FU basándose en el resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta. Los componentes o módulos mencionados anteriormente pueden comprender un componente de determinación del ángulo de emergencia, un componente de comparación del ángulo (compara un ángulo de emergencia de la FU de interés con un ángulo de aproximación mínimo seleccionado del herramienta), un componente de orientación de la herramienta. Varios módulos y componentes descritos pueden ser parte de un único producto de software o hardware.

60 El procesador de imagen tal y como se describió anteriormente podría ser utilizado en conjunción con varios sistemas y dispositivos de trasplante y tratamiento de cabello manuales, parcialmente automatizados y totalmente automatizados (incluyendo robotizado), incluyendo pero no limitado a sistemas para recolección de cabello, o para trasplante de cabello. De forma similar, el procesador de imagen de la presente invención podría ser utilizado con sistemas de planificación de tratamiento de cabello.

Aunque las invenciones descritas en el presente documento son especialmente útiles en sistemas operados de forma robotizada para recolectar/trasplantar cabello, también proporcionará un gran beneficio a un médico que recolecta unidades foliculares utilizando técnicas FUE manuales con herramientas de mano manuales/parcialmente/totalmente automatizadas, como las que guiarán al médico para ajustar un ángulo de inserción de la herramienta para evitar la transección o de otro modo el daño de la unidad folicular o tejido que se va a recolectar. De forma similar, beneficiará a un médico que realiza un implante utilizando un dispositivo de mano.

Una de dicha implementación es mostrada como un ejemplo en la figura 8. En este modo de realización, un médico está realizando una operación manual sobre el paciente utilizando una herramienta 44 de mano, por ejemplo, una herramienta de recolección y/o una herramienta de implante, y puede llevar las típicas gafas 50 que tienen un alto aumento. Un dispositivo 52 de adquisición de imagen, tal como una o más cámaras, puede estar fijado al instrumento o herramienta 44 de mano. En algunos modos de realización adicionales, puede ser un dispositivo de adquisición de una imagen fija. El procesador de imagen, tal como el ordenador 42, puede ejecutar varias etapas tal y como se describió en el presente documento y realiza el análisis y procesamiento de la imagen incluyendo la reconstrucción en 3D, el ajuste de superficie, determinando un ángulo de emergencia de las unidades foliculares existentes, comparando el ángulo de emergencia con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta y determinando el desfase angular entre las dos medidas anteriores, o determinando el ángulo de emergencia deseado para los cabellos virtuales en caso del procedimiento de implante de cabello. El monitor 40 puede mostrar la unidad(es) folicular remarcada, posiciones de referencia, o puntos sin pelo, así como otros datos útiles, por ejemplo, el ángulo de emergencia de la unidad(es) folicular que se va a recolectar, así como la orientación propuesta de la herramienta de mano con respecto a dicha unidad(es) folicular que se va a recolectar o un ángulo/distancia de ajuste requerido para mover la herramienta en la posición de recolección apropiada con respecto a la FU.

De forma similar, en el caso de un procedimiento de implante, el monitor 40 puede mostrar parámetros adicionales, incluyendo aquellos que se han discutido previamente, útiles para realizar el implante de cabello para lograr una orientación de la herramienta y unos ángulos de implante correctos. Guiado por la información mostrada en el monitor, un médico puede ajustar el ángulo de aproximación de la herramienta y orientación de la herramienta de recolección en sus manos con respecto a la FU seleccionada para la recolección, u orientar de la herramienta de implante en sus manos para el implante. La orientación de la herramienta de mano puede accionarse mediante una variedad de diferentes mecanismos, por ejemplo, mecanismos mecánicos o electrónicos. En algunos modos de realización, un cuerpo de la herramienta de mano puede estar conectado de forma operativa o soportado mediante una estructura de guiado que tiene un indicador angular. Guiado por el ángulo de inserción determinado previamente mostrado en el monitor, el usuario puede girar la posición angular de la herramienta hasta que la lectura en el indicador angular coincida con el ángulo en el monitor. La herramienta puede estar conectada de forma permanente o de forma desmontable a la estructura de guiado y al indicador angular. Algunos modos de realización pueden utilizar un día al circular que tenga unas marcas de señales angulares, en otros modos de realización puede ser un monitor eléctrico con flechas y luces. La figura 8 representa de forma esquemática como un ejemplo, un indicador 54 montado en la herramienta 44 de mano. En algunos modos de realización alternativos, la herramienta de mano puede comprender un transductor u otro sensor (mostrado cómo 56 en la figura 8) que se conecta de forma electrónica al sistema de toma de imagen. De forma alternativa, el sensor 56 puede ser parte del sistema 52 de imagen.

Tal y como se apreciará por los expertos en la técnica, los métodos de la presente invención se pueden incrementar, al menos en parte, en software ejecutado de un sistema informático u otro sistema de procesamiento de datos. Por lo tanto, en algunos modos de realización de ejemplo se puede utilizar hardware en combinación con instrucciones de software para implementar la presente invención. Por ejemplo, un artículo de fabricación de la presente invención puede comprender un medio accesible por máquina que incluye datos que, cuando se acceden por una máquina, provocan que la máquina realice operaciones, tales como determinar un ángulo de emergencia de una FU de interés (o bien un ángulo de emergencia individual o como un representativo de un grupo); elegir un ángulo de aproximación mínima de una herramienta (por ejemplo, una herramienta para recolectar unidades foliculares, o una herramienta para implantar unidades foliculares, o una combinación de ambas); comparar el ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta; y orientar la herramienta con respecto a la FU de interés basándose en un resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la FU de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta.

Un medio legible por máquina puede ser utilizado para almacenar software y datos que hacen que el sistema realice métodos de la presente invención. El medio legible por máquina mencionado anteriormente puede incluir cualquier medio adecuado capaz de almacenar y transmitir información en forma accesible por un dispositivo de procesamiento, por ejemplo, un ordenador. Algunos ejemplos del medio legible por máquina incluyen, pero no están limitados a, un disco de almacenamiento magnético, un dispositivo de memoria flash, un almacenamiento óptico, una memoria de acceso aleatorio, etc.

Los modos de realización ilustrados y descritos anteriormente de la invención son susceptibles de varias modificaciones, y debería entenderse que la invención, en general, así como los modos de realización específicos descritos en el presente documento, no están limitados a las formas o modos de realización particulares divulgados, sino al contrario cubren todas las modificaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. A modo de ejemplo no limitativo, se apreciará por los expertos en la técnica que funciones o características particulares descritas en referencia a una figura o modo de realización se pueden combinar como adecuadas con funciones o

características descritas en otra figura un modo de realización. De forma similar, la invención no está limitada al uso de un sistema robotizado que incluya un brazo robotizado, y que pueda utilizar otros sistemas automatizados, semi-automatizados o manuales.

REIVINDICACIONES

1. Un método para orientar una herramienta para el trasplante de unidades foliculares, llevado a cabo al menos en parte en un sistema informático u otro sistema de procesamiento de datos, que comprende:
- elegir un ángulo de aproximación mínimo de una herramienta;
- 5 - determinar un ángulo de emergencia de una unidad folicular de interés;
- comparar el ángulo de emergencia de la unidad folicular de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta;
 - orientar la herramienta con respecto a la unidad folicular de interés basándose en el resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la unidad folicular de interés con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde determinar el ángulo de emergencia de la unidad folicular de interés comprende determinar un ángulo de emergencia representativo de una pluralidad de unidades foliculares.
3. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde orientar la herramienta con respecto a la unidad folicular de interés comprende orientar la herramienta al ángulo de aproximación mínimo si el ángulo de aproximación mínimo es mayor que el ángulo de emergencia de la unidad folicular de interés.
- 15 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la unidad folicular de interés además comprende una cabeza y una cola, y en donde determinar el ángulo de emergencia de la unidad folicular de interés comprende determinar coordenadas en 3D de la cabeza y de la cola de la unidad folicular de interés y realizar un ajuste de superficie a las coordenadas de la cola.
- 20 5. El método de la reivindicación 1, en donde la unidad folicular de interés es 1 cabello virtual, y la determinación del ángulo de emergencia comprende generar el cabello virtual de tal manera que el ángulo de emergencia del cabello virtual es igual o mayor que el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde orientar la herramienta comprende mover de forma automática un brazo robotizado que porta la herramienta o accionar un mecanismo de ajuste de una herramienta de mano.
- 25 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde elegir el ángulo de aproximación mínimo comprende seleccionar o utilizar un ángulo de aproximación mínimo seleccionado previamente.
8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el ángulo de aproximación mínimo es elegido basándose en una posición de una o más unidades foliculares o basándose en una posición de un sitio de implante.
- 30 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde el ángulo de aproximación mínimo es elegido basándose en una función lineal, o escalonada, o polinómica, o añadiendo de 15 a 20 grados al ángulo de emergencia o al ángulo de emergencia determinado como un grupo representativo del ángulo de emergencia de la unidad folicular de interés.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta es aproximadamente de 45 a 65 grados.
- 35 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde la herramienta es una herramienta de implante de unidad folicular y en donde la unidad folicular de interés es una unidad folicular situada cerca de un sitio de implante o un cabello virtual.
12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, que además comprende generar uno o más cabellos virtuales, al menos parcialmente basándose en el ángulo de emergencia de un cabello existente, y en donde la unidad folicular de interés comprende el uno o más cabellos virtuales.
- 40 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, en donde el uno o más cabellos virtuales son generados utilizando marcadores de referencia.
14. Un sistema (20) para el trasplante de cabello, que comprende:
- una interfaz adaptada para recibir unos datos de imagen que contienen una unidad folicular; y
- 45 un procesador (32) de imagen que comprende uno o más módulos para ejecutar operaciones en los datos de imagen, incluyendo el uno o más módulos instrucciones para:

- seleccionar o utilizar un ángulo de aproximación mínimo seleccionado previamente de una herramienta (28) utilizada en el trasplante de unidades foliculares;
 - determinar un ángulo de emergencia de la unidad folicular;
 - comparar el ángulo de emergencia de la unidad folicular con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta;
- 5 - orientar la herramienta con respecto a la unidad folicular basándose en un resultado de la comparación del ángulo de emergencia de la unidad folicular con el ángulo de aproximación mínimo de la herramienta.
15. El sistema de la reivindicación 14, en donde el sistema es un sistema robotizado y además comprende un brazo robotizado y la herramienta está conectada de forma operativa al brazo robotizado.

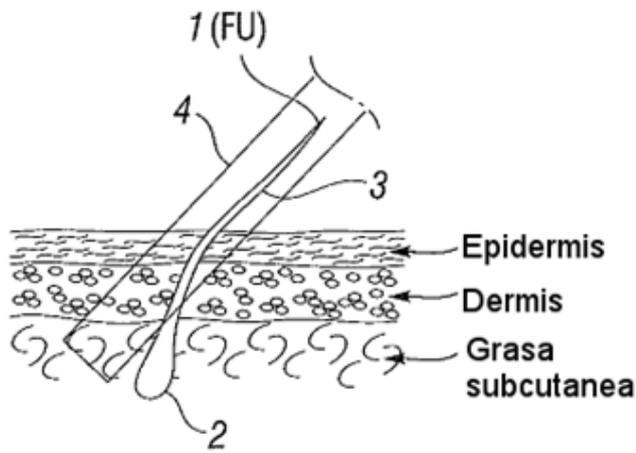


Fig. 1

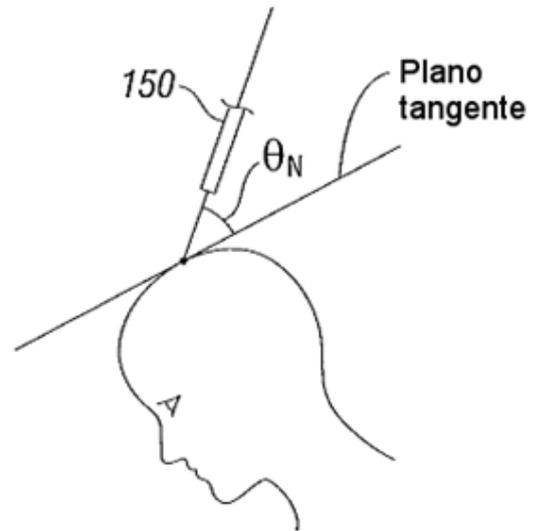


Fig. 4A

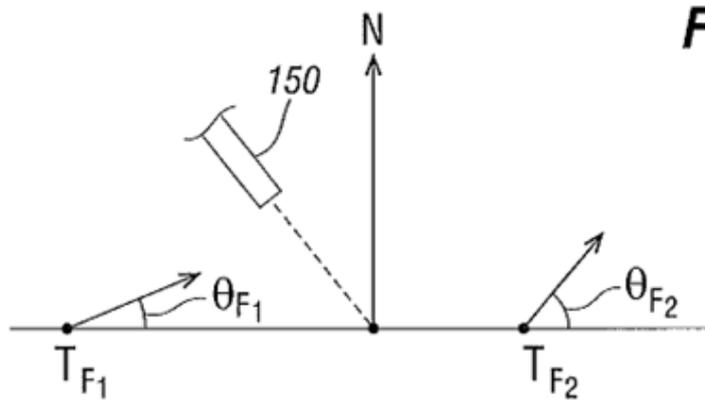


Fig. 4B

Fig.2

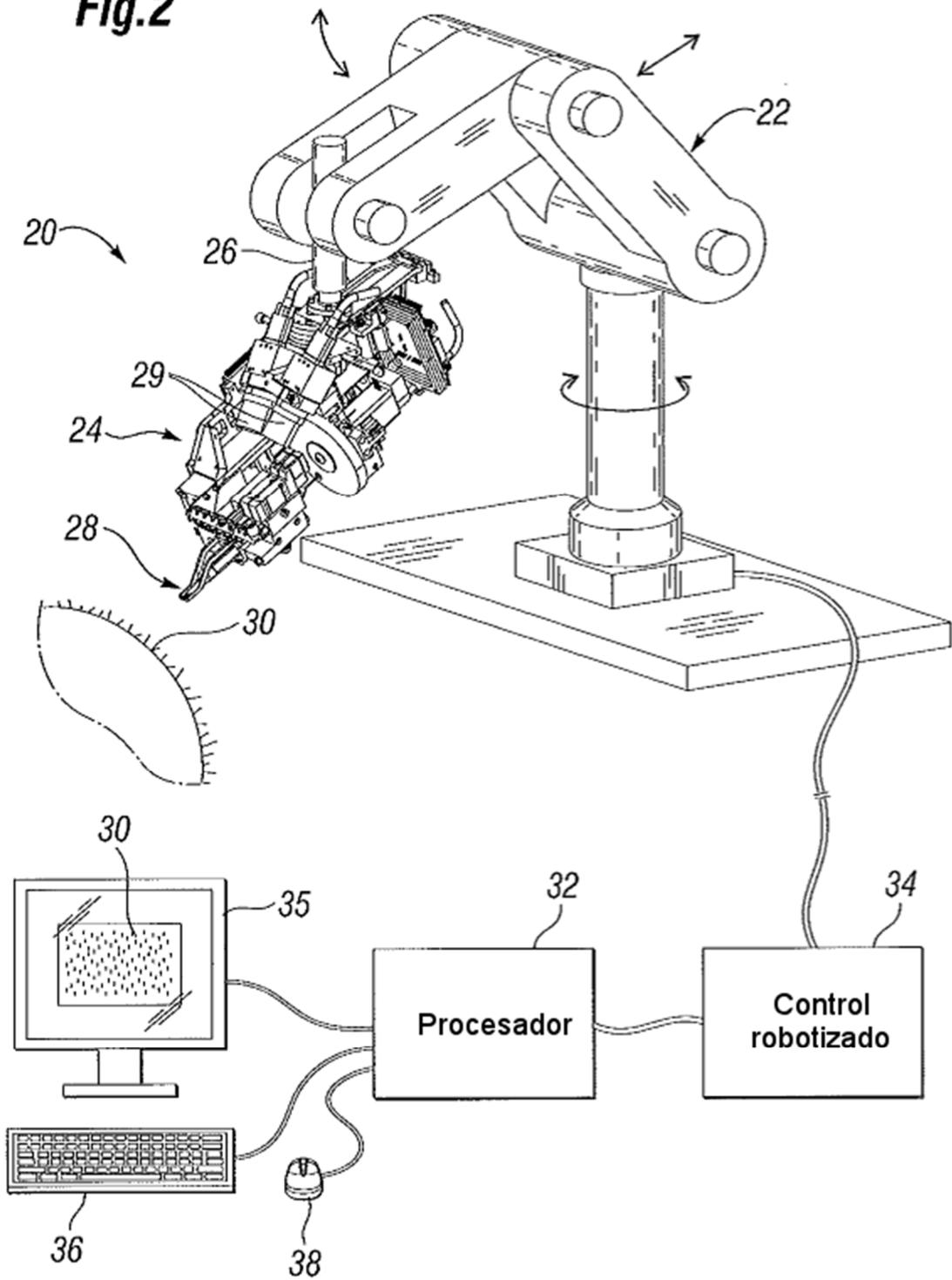
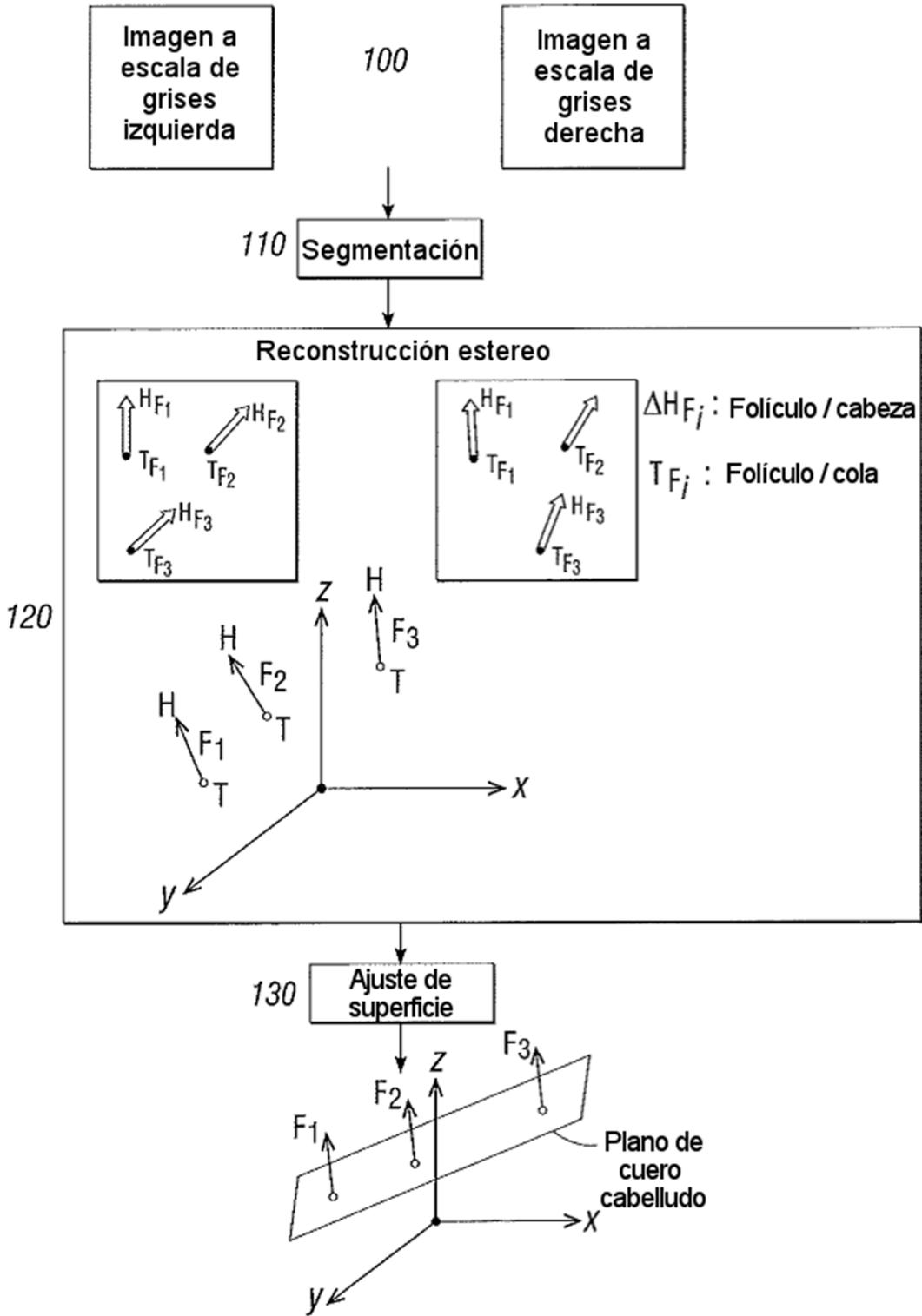


Fig.3



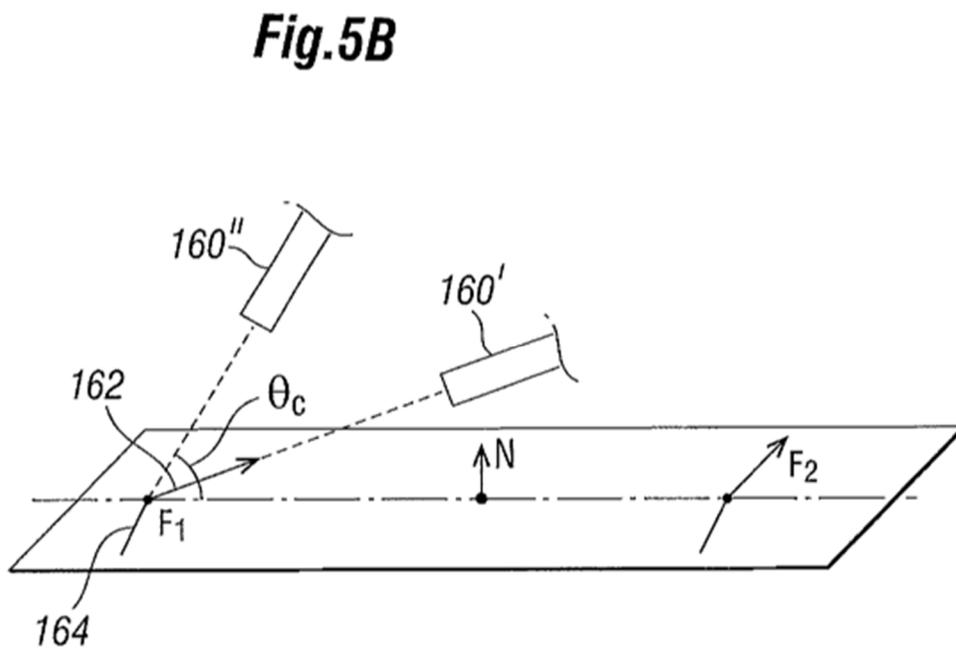
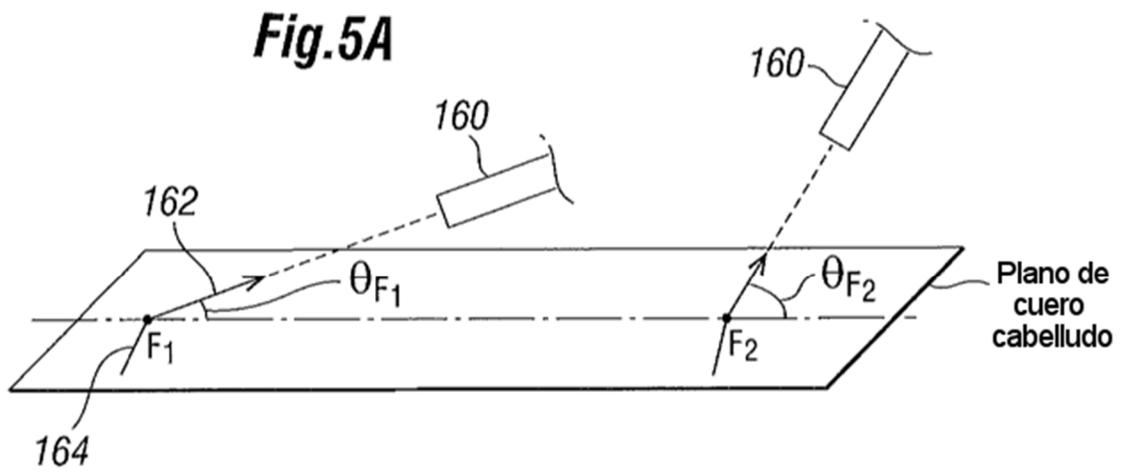


Fig.6

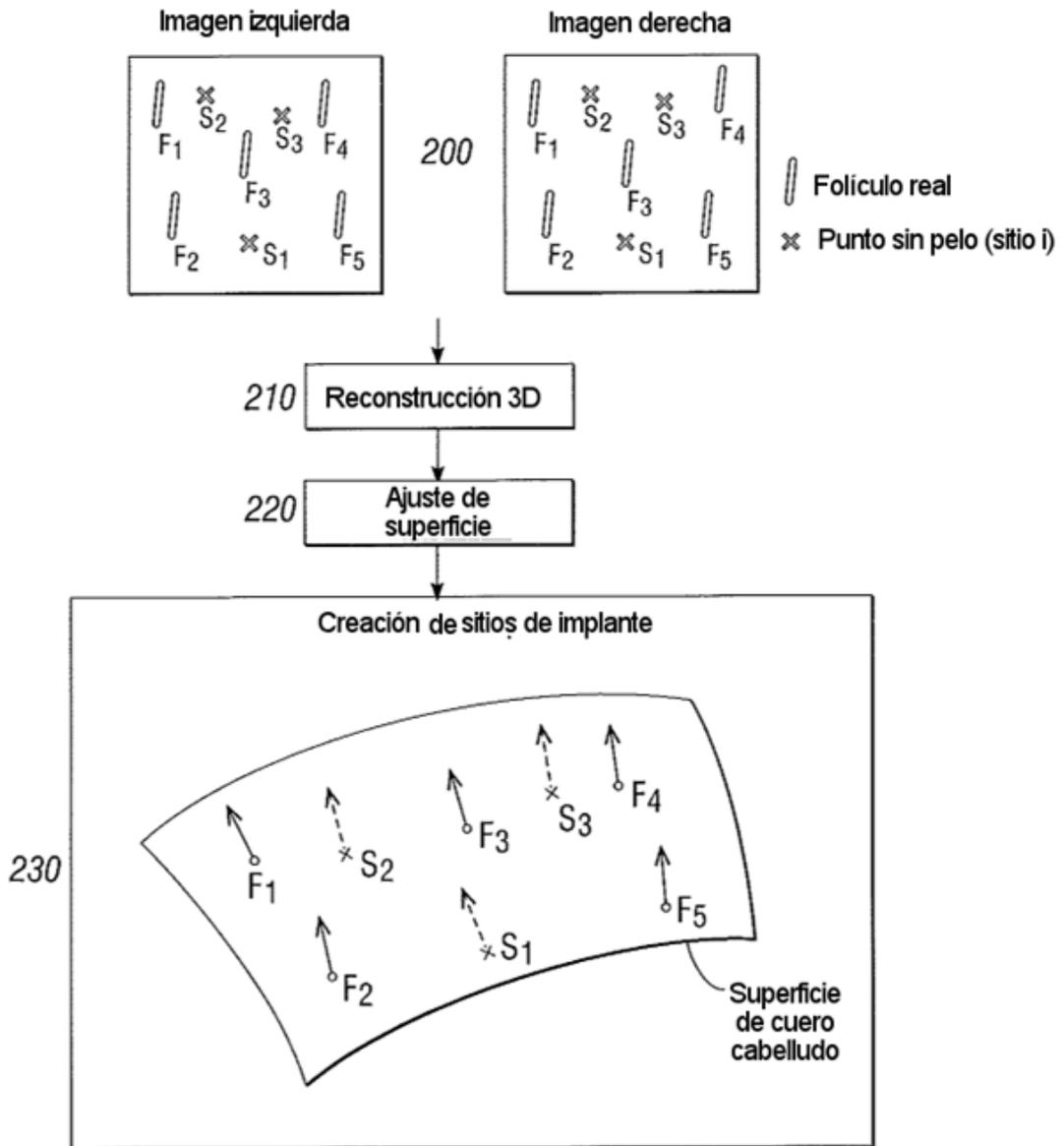


Fig.7

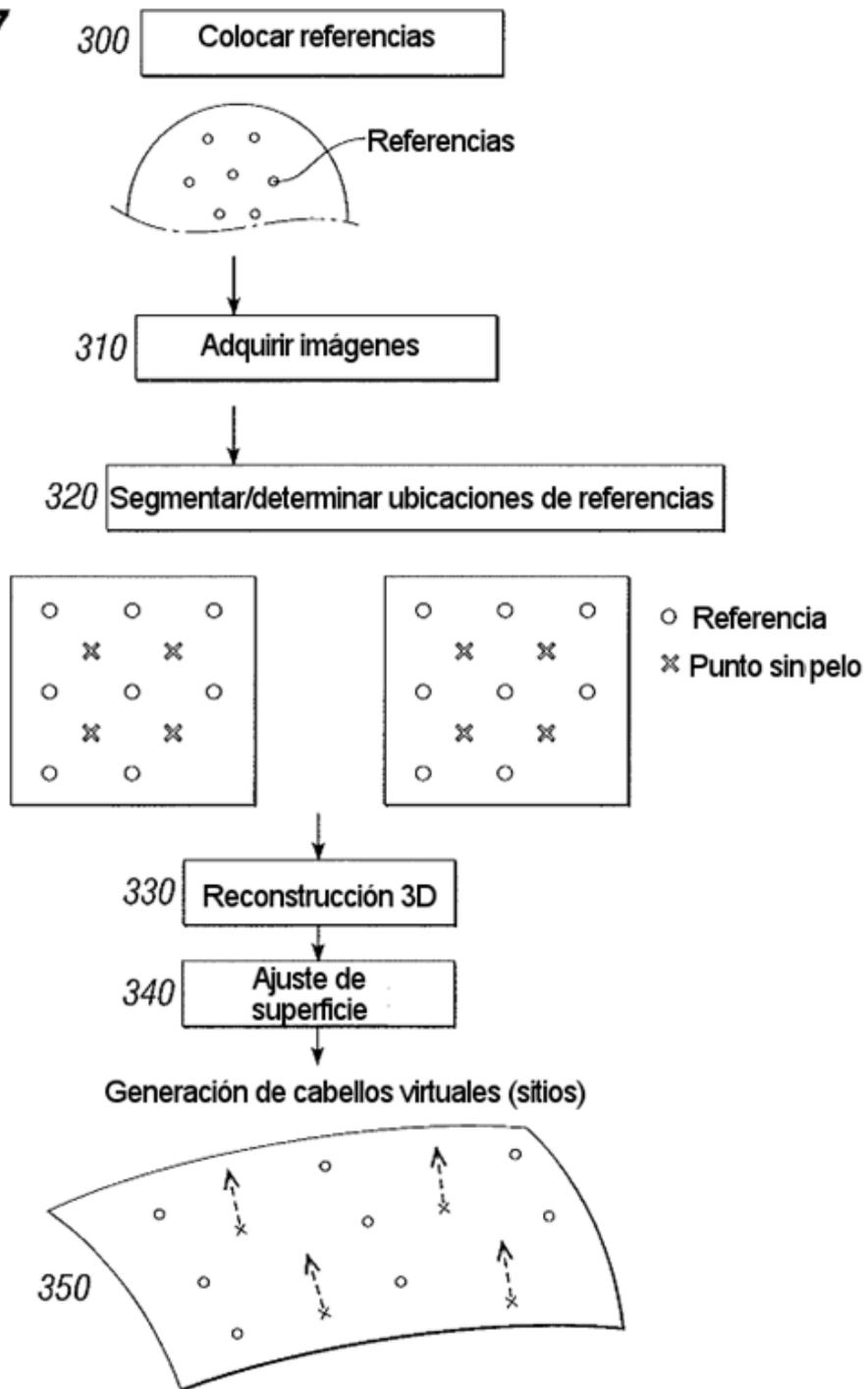


Fig.8

