

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 118**

51 Int. Cl.:

A61F 2/10 (2006.01)

A61B 34/10 (2006.01)

A61B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2014 PCT/US2014/023318**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14150459**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2014 E 14770184 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2017 EP 2967519**

54 Título: **Sistemas y métodos para la planificación del trasplante de pelo**

30 Prioridad:

15.03.2013 US 201313844317
23.08.2013 US 201313974276

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.03.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ZINGARETTI, GABRIELE;
MCARTHUR, FRANKLIN, TIMOTHY;
BODDULURI, MOHAN;
ZHANG, HUI y
NGUYEN, THEODORE, THUONG

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 657 118 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

Sistemas y métodos para la planificación del trasplante de pelo

Campo de la aplicación

5 Esta aplicación se refiere generalmente a sistemas de planificación de tratamiento, métodos y método de uso. En particular, esta solicitud se refiere a sistemas de planificación de trasplante capilar, es decir, a la recolección y/o implantación de unidades foliculares capilares en una superficie corporal, generalmente un cuero cabelludo, y a los métodos de uso.

Antecedentes de la aplicación

10 Los procedimientos de trasplante capilar son bien conocidos, y típicamente implican (por ejemplo, en un paciente con calvicie de patrón masculino) la extracción de injertos de cabello del donante desde las áreas laterales y posteriores ("áreas donantes") del cuero cabelludo del paciente, e implantar las unidades foliculares recolectadas en un área calva ("área receptora"). Históricamente, los injertos recolectados eran relativamente grandes (3-5 mm), aunque más recientemente, los injertos del donante pueden ser unidades foliculares individuales, que son agregados naturales de 1-3 (y mucho menos comúnmente, 4-5) folículos pilosos estrechamente espaciados que se distribuyen aleatoriamente sobre la superficie del cuero cabelludo.

15 En un proceso de trasplante capilar bien conocido, se retira una porción lineal del cuero cabelludo de un área donante utilizando un bisturí que corta el tejido subcutáneo graso. La tira se disecciona (bajo un microscopio) en unidades foliculares componentes, que luego se implantan en un área receptora en incisiones respectivas o perforaciones hechas con una aguja. Los fórceps se pueden usar para agarrar y colocar los injertos de la unidad folicular individual en las ubicaciones de punción de la aguja, aunque se conocen otros instrumentos y métodos para realizar esta tarea.

20 La patente de los Estados Unidos No 6,585,746 describe un sistema de trasplante de cabello que utiliza un sistema robótico, que incluye un brazo robótico y un introductor de folículo piloso asociado con el brazo robótico. Se utiliza un sistema de imágenes para producir una imagen tridimensional del cuero cabelludo del paciente, que se utiliza para planificar las ubicaciones para recibir injertos capilares.

25 No importa qué tipo de procedimiento de trasplante de cabello se adopte, el objetivo del médico es proporcionarle a su paciente una cabeza con cabello de aspecto natural. Actualmente, los médicos intentan y hacen esto basándose en su experiencia basada en procedimientos realizados en pacientes anteriores, esperando que cuando recolecten el cabello de las áreas donantes de la cabeza del paciente y lo implanten en las áreas receptoras, logren hacerlo de tal manera que resulte un cabello de aspecto natural. Sin embargo, no es probable que se obtenga una imagen realista de cómo se verá el paciente en función de la experiencia previa con otros pacientes. El cabello de todos es diferente, no tiene el mismo grosor, textura o densidad, y el cabello no cae o cae de la misma manera en las cabezas de diferentes personas. Además, tampoco la forma o el tamaño de la cabeza de todos son iguales, por lo que hay muchas diferencias con respecto a cómo cae el cabello y cómo se separa también. En consecuencia, el resultado de un procedimiento de trasplante de cabello realizado en un paciente no necesariamente se ve igual si el mismo procedimiento se realiza en un segundo paciente. Actualmente, solo es posible mirar las fotos de antes y después de otras personas y adivinar cuál podría ser el resultado de un procedimiento de trasplante capilar.

30 La patente de Estados Unidos número 7,806,121 asignada comúnmente y la patente U.S. número 8,104,480 (de aquí en adelante colectivamente, "Bodduluri") ilustran sistemas y métodos para planificar el trasplante de unidades foliculares en una superficie corporal del paciente.

40 El documento WO 2008/085758 A2 da a conocer una aplicación de tatuaje robótico y métodos y sistemas de eliminación de tatuajes.

El documento US 2007/150247 A1 divulga un sistema para planificar el trasplante de unidades foliculares en una superficie corporal de un paciente usando un modelo tridimensional de la superficie corporal producido a partir de imágenes adquiridas.

45 El documento US 2007/107744 describe un sistema y un método para especificar piezas capilares personalizadas usando dispositivos de adquisición digital tridimensionales.

El documento WO 1998/21695 da a conocer un sistema de formación de imágenes estéticas para superponer un peinado sobre la imagen de un cliente.

Resumen

Una variedad de sistemas y métodos para planificar diversos procedimientos cosméticos y dermatológicos, incluido el trasplante de cabello, se proporcionan en la presente solicitud. Estos procedimientos se pueden realizar en el cuero cabelludo, la cara y otras superficies de la piel y el cuerpo.

5 La invención se refiere a un método como se describe en la reivindicación 1, y a un sistema como se describe en la reivindicación 17. De acuerdo con un aspecto de la presente solicitud, se proporciona un método para planificar un procedimiento en un cuerpo. El método comprende: generar y visualizar en un modelo tridimensional de una superficie corporal, al menos dos elementos, comprendiendo cada uno de los al menos dos elementos respectivos uno o más puntos de control, teniendo los puntos de control los parámetros correspondientes asociados a los mismos; asociar, con el uso de un procesador, un primero y un segundo de los al menos dos elementos entre sí para formar un grupo; 10 generar o modificar al menos un sitio dentro o sobre el primer elemento, basado al menos en parte en los parámetros de al menos uno de los uno o más puntos de control del segundo elemento. El método mencionado anteriormente puede implementarse, por ejemplo, como un método de planificación para el trasplante de unidades foliculares en una superficie corporal que comprende: generar y visualizar en un modelo tridimensional de una superficie corporal, al menos dos elementos capilares, comprendiendo cada uno de los elementos capilares respectivos uno o más puntos de control, teniendo los puntos de control los parámetros correspondientes asociados a los mismos; asociar, con el uso de un procesador, un primero y un segundo de los al menos dos elementos de pelo entre sí para formar un grupo de pelo; 15 generar o modificar al menos un sitio dentro o sobre el primer elemento de pelo, basado al menos en parte en los parámetros de al menos uno de los uno o más puntos de control del segundo elemento de pelo. En algunas realizaciones, los sitios de unidades foliculares propuestos u otros sitios de procedimientos se modifican automáticamente, o se generan y muestran con base en los parámetros de los puntos de control del grupo, por ejemplo, grupo de cabello. 20

A modo de ejemplos no limitativos, el elemento de pelo puede ser un parche de pelo o una curva de límite (que puede incluir una línea frontal de pelo o una línea de pelo), los puntos de control pueden ubicarse en una periferia o dentro del parche de pelo. Otros ejemplos de los "elementos" o "elementos de la superficie del cuerpo" que pueden usarse en otros procedimientos cosméticos y dermatológicos se proporcionan a continuación en diversas partes de la presente descripción y están dentro del alcance de diversas realizaciones y aspectos de la presente solicitud. Los sitios propuestos pueden ser sitios de recolección de vello, sitios de incisión, sitios de implantación de cabello, así como varios sitios para colocar y quitar tatuajes, o realizar diversos procedimientos cosméticos y dermatológicos. 25

En algunas realizaciones, el parámetro del punto de control puede ser uno o más de una ubicación, una orientación o una densidad. En el caso de que la densidad sea el parámetro, por ejemplo, en referencia al trasplante capilar y los procedimientos relacionados, la generación de los sitios propuestos puede basarse en un algoritmo de transformación inversa entre el sitio propuesto y uno o más puntos de control. El parámetro de densidad se puede pesar en función de la distancia de los puntos de control asociados desde el sitio propuesto. 30

En algunas realizaciones, el método puede comprender además proyectar las coordenadas tridimensionales de un elemento, por ejemplo, un elemento de pelo en un sistema de coordenadas bidimensional y posteriormente interpolar un sitio de procedimiento (por ejemplo, sitio de implantación) en el sistema de coordenadas bidimensional. Los sitios de implantación interpolados se proyectan de nuevo al sistema de coordenadas tridimensional, en el que se representan en el modelo tridimensional del paciente. En algunas realizaciones, el método de interpolación puede tomar en consideración la densidad, y utilizar un parámetro de densidad de una pluralidad de puntos de control, en donde la pluralidad de control puede comprender uno o más puntos de control. 35 40

De acuerdo con otro aspecto de la solicitud, se proporciona un método de planificación para el trasplante de unidades foliculares en una superficie corporal, que comprende: generar y visualizar en un modelo tridimensional de una superficie corporal, un parche para el cabello que comprende un conjunto de puntos de control en la periferia del mismo, teniendo los puntos de control los parámetros correspondientes asociados a los mismos; crear puntos de control 45 adicionales dentro del parche para el cabello y/o en la periferia del mismo; generar y mostrar automáticamente un sitio de implantación de unidad folicular propuesto dentro o en la periferia del parche para el cabello en función de los parámetros de los puntos de control y los puntos de control adicionales. Se apreciará que este método puede aplicarse a la generación de puntos de control con respecto a cualquier parche sobre una superficie corporal, y a la generación y visualización de cualquier sitio de procedimiento (que no sea el trasplante de cabello).

De acuerdo con otro aspecto de la aplicación actual, se proporciona un sistema y un método para generar sitios de procedimientos propuestos basados en la interpolación de densidad. El método comprende: proyectar una ubicación de una pluralidad de puntos de contorno de un elemento de superficie del cuerpo en un sistema de coordenadas tridimensional sobre un plano bidimensional; generar sitios de procedimientos candidatos en el plano bidimensional; determinar un valor de espaciado interpolado para cada sitio de procedimiento candidato, con base en un parámetro de densidad de una pluralidad de puntos de control asociados con el elemento de superficie del cuerpo; generar sitios de procedimientos propuestos; proyectar la ubicación bidimensional de los sitios de procedimiento propuestos de vuelta al sistema de coordenadas tridimensionales. En algunas realizaciones, el método comprende además identificar sitios de procedimientos candidatos que no están disponibles como sitios de procedimientos debido al espaciado requerido entre los sitios de procedimientos propuestos. En algunas realizaciones, se puede determinar una formulación que asocia la densidad y el espaciado de los sitios del procedimiento. Adicionalmente, la etapa de determinar el valor de 50 55 60

espaciado interpolado puede comprender utilizar la formulación determinada. El sistema para generar sitios de procedimientos propuestos basado en la interpolación de densidad puede comprender uno o más procesadores que comprenden uno o más módulos para ejecutar operaciones de acuerdo con el método descrito anteriormente.

5 Según otro aspecto de la solicitud, se proporciona un sistema para planificar un procedimiento, por ejemplo, un procedimiento de trasplante, comprendiendo el sistema: una interfaz de usuario que incluye un dispositivo de entrada de usuario, al menos una instrucción de almacenamiento de medios de almacenamiento no transitorios, y un procesador que comprende uno o más módulos para ejecutar operaciones sobre datos de imágenes, uno o más módulos que comprenden instrucciones para: generar y visualizar en un modelo tridimensional de una superficie corporal, al menos dos elementos (por ejemplo, elementos capilares), cada uno de los elementos respectivos comprende uno o más puntos de control, uno o más puntos de control que tienen parámetros correspondientes asociados con los mismos; asociar un primero y un segundo de los al menos dos elementos, tales como elementos de cabello, entre sí para formar un grupo (por ejemplo, un grupo de pelo); generar o modificar al menos un sitio dentro o sobre el primer elemento, basado al menos en parte en los parámetros de al menos uno de los uno o más puntos de control del segundo elemento. En una realización, el sistema comprende además un banco de imágenes. El sistema y método de la presente aplicación es especialmente útil cuando se implementa en, o se integra con, un sistema automatizado o controlado por computadora, por ejemplo, un sistema robótico guiado por imágenes que comprende un brazo robótico. El sistema puede incluir además un dispositivo de formación de imágenes para proporcionar datos de imágenes que contienen una o más imágenes de la superficie del cuerpo y una herramienta para realizar un procedimiento. El sistema puede comprender una interfaz adaptada para recibir datos de imágenes que contienen imágenes de una superficie corporal, un procesador programado para realizar diversos procedimientos y pasos descritos en referencia a diversas realizaciones y métodos de la presente aplicación, y un monitor configurado para mostrar un plan de tratamiento como se describe en este documento.

25 En otro aspecto de la presente solicitud, se proporcionan sistemas y métodos de planificación para el trasplante de unidades foliculares en una superficie corporal. Dichos sistemas y métodos comprenden generar y visualizar un modelo tridimensional de una superficie corporal, seleccionar de un banco de imágenes una plantilla, y generar y visualizar uno o más elementos capilares propuestos basándose en la plantilla. La etapa de generar puede comprender generar una porción de la plantilla. La porción puede comprender una curva límite o un parche para el cabello.

30 De acuerdo con otro aspecto de la presente solicitud, se proporciona un sistema y un método de planificación para la modificación de una superficie corporal (incluyendo las características faciales). Dichos sistemas y métodos proporcionan la asociación de diversos elementos de la superficie del cuerpo en los grupos y la modificación de ciertas características en un primer elemento de superficie corporal basado al menos en parte en uno o más parámetros de los puntos de control del segundo elemento de la superficie del cuerpo. En algunas realizaciones, las modificaciones pueden realizarse automáticamente o con la entrada del usuario. A modo de ejemplos no limitativos, los elementos de la superficie del cuerpo pueden ser una porción de piel, un lunar, pecas, arrugas, cicatrices, rasgos faciales tales como ojos, nariz, ojos, párpados, labios, orejas, mentón, marcas de nacimiento o defectos faciales.

40 De acuerdo con otro aspecto más de la presente solicitud, se proporciona un método para planificar un procedimiento. El método puede comprender recibir la entrada bidimensional del usuario de un elemento de superficie del cuerpo propuesto a partir de un dibujo a mano alzada; generar y mostrar el elemento de superficie corporal propuesto en un modelo 3-D de una superficie corporal en un dispositivo de visualización; y generar automáticamente una pluralidad de puntos de control basados en el elemento de superficie del cuerpo propuesto en el modelo 3-D. En algunas realizaciones, el método puede implementarse como un método de planificación para el trasplante de injertos capilares que utiliza la entrada bidimensional (2-D) del usuario de un elemento de pelo propuesto a partir de un dibujo a mano alzada. En algunas implementaciones relacionadas con el trasplante de cabello, el método comprende recibir una entrada de usuario bidimensional de un elemento de pelo propuesto a partir de un dibujo a mano alzada; generar (por ejemplo, con el uso de un procesador) y mostrar el elemento de pelo propuesto en un modelo 3-D de una superficie corporal en un dispositivo de visualización; y generar automáticamente una pluralidad de puntos de control basados en el elemento de pelo propuesto en el modelo 3-D. El método puede comprender además determinar automáticamente un valor de orientación de al menos uno de la pluralidad de puntos de control. El elemento de pelo puede comprender, por ejemplo, una línea del cabello, una curva del límite del cabello, o un límite de un parche para el cabello. Además, los sitios de implantación de unidades foliculares o sitios de recolección propuestos pueden generarse automáticamente y mostrarse en función de la pluralidad de puntos de control y las orientaciones de la pluralidad de puntos de control. La generación del elemento de pelo propuesto en el modelo 3-D de la superficie del cuerpo en un dispositivo de visualización puede comprender determinar si la entrada de usuario 2-D recibida corresponde a un bucle abierto o cerrado; y generar y visualizar una línea de pelo si la entrada determinada corresponde a un bucle abierto, y generar y visualizar un parche de pelo si la entrada determinada corresponde a un bucle cerrado. En algunas realizaciones, el método comprende además la recepción de una entrada de usuario 2-D adicional correspondiente, por ejemplo, a información de orientación, en forma de un dibujo a mano alzada, en donde se usa la entrada de usuario 2-D adicional para generar automáticamente sitios de implantación de unidades foliculares propuestos. En algunas realizaciones, la entrada de usuario 2D adicional comprende una o más curvas dibujadas dentro de un área delimitada por un límite de un parche de pelo. En otras realizaciones más, el método puede comprender además la identificación de una ubicación de un centro de una espiral de pelo con respecto al elemento de pelo. En un aspecto de la solicitud, el método comprende además visualizar un modelo 3D de una superficie corporal en un dispositivo de visualización.

Según otro aspecto de la solicitud, se proporciona un sistema para planificar un procedimiento, por ejemplo, un procedimiento de trasplante, comprendiendo el sistema: una interfaz de usuario que incluye un dispositivo de entrada de usuario, al menos una instrucción de almacenamiento de medios de almacenamiento no transitorios, y un procesador que comprende uno o más módulos para ejecutar operaciones sobre datos de imágenes, el uno o más módulos que comprenden instrucciones para: recibir una entrada de usuario bidimensional (2-D) de un elemento de superficie corporal propuesto (por ejemplo, elemento de pelo) a partir de un dibujo a mano alzada; generar y visualizar el elemento propuesto de la superficie del cuerpo (por ejemplo, cabello) en un modelo 3-D de una superficie corporal en un dispositivo de visualización; y generar automáticamente una pluralidad de puntos de control basados en el elemento de superficie del cuerpo propuesto en el modelo 3-D. En algunas realizaciones, el sistema comprende además uno o más módulos que comprenden instrucciones para determinar si la entrada de usuario 2-D recibida corresponde a un bucle abierto o cerrado; y generar y mostrar una línea de cabello si la entrada determinada corresponde a un bucle abierto, y generar y visualizar un parche de pelo si la entrada determinada corresponde a un bucle cerrado.

De acuerdo con un aspecto adicional de la solicitud, se proporciona un método para crear automáticamente un plan para una espiral del pelo en una superficie corporal. El método comprende: identificar una curva de límite de pelo, teniendo la curva de límite de pelo una pluralidad de puntos de control; identificar un centro de la espiral del pelo; asignar automáticamente un valor de orientación inicial a cada uno de la pluralidad de puntos de control, el valor de orientación inicial basado en la orientación de una línea virtual desde el centro de espiral a cada uno de la pluralidad respectiva de puntos de control; y generar automáticamente sitios propuestos de implantación de unidades foliculares dentro de un área perfilada por la curva límite del cabello con base en la pluralidad de puntos de control y sus correspondientes valores de orientación iniciales asignados. El método puede comprender además modificar una orientación de un sitio de implantación de unidad folicular propuesto generado automáticamente con base en su distancia desde el centro de la espiral del pelo. En algunas realizaciones, la modificación es tal que tiene una mayor desviación del valor de orientación inicial cuanto más lejos está del centro de la espiral del pelo, y una menor desviación del valor de orientación inicial cuanto más cerca está del centro de la espiral del pelo.

Según otro aspecto de la solicitud, se proporciona un sistema para crear automáticamente un plan para una espiral del pelo en una superficie corporal, comprendiendo el sistema: una interfaz de usuario que incluye un dispositivo de entrada de usuario, al menos una instrucción de almacenamiento de medios de almacenamiento no transitorios, y un procesador que comprende uno o más módulos para ejecutar operaciones sobre datos de imagen, comprendiendo el uno o más módulos instrucciones para: identificar una curva límite de cabello, teniendo la curva límite de cabello una pluralidad de puntos de control; identificar un centro de una espiral del pelo; asignar automáticamente un valor de orientación inicial a cada uno de la pluralidad de puntos de control, el valor de orientación inicial basado en la orientación de una línea virtual desde el centro de la espiral del pelo hasta cada uno de la pluralidad respectiva de puntos de control; y generar automáticamente sitios propuestos de implantación de unidades foliculares dentro del área perfilada por la curva límite del pelo con base en la pluralidad de puntos de control y sus correspondientes valores de orientación iniciales asignados.

De acuerdo con otro aspecto más de la solicitud, se proporciona un método de planificación para el trasplante de unidades foliculares o injertos capilares en una superficie corporal, comprendiendo el método: recibir una o más curvas bidimensionales (2-D) de dibujo a mano alzada; asignando automáticamente al menos dos puntos de control a cada una de las una o más curvas; determinar automáticamente un valor de orientación inicial para cada uno de los puntos de control basándose en un ángulo de tangente a la una o más curvas en cada punto de control respectivo; y generar automáticamente sitios propuestos para la implantación o recolección de unidades foliculares basándose en al menos dos puntos de control de la una o más curvas y sus correspondientes orientaciones iniciales asignadas automáticamente. También se proporciona un sistema y un procesador correspondiente al método mencionado anteriormente.

Otros y más lejanos objetos y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lean a la vista de las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de las realizaciones descritas en este documento se apreciarán a medida que las mismas se entiendan mejor con referencia a la memoria descriptiva, las reivindicaciones y los dibujos adjuntos en donde:

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método general para generar un plan de tratamiento para usar con un procedimiento de trasplante capilar.

Las figuras 2a y 2b son imágenes de una vista frontal y posterior de la cabeza de una persona.

La figura 3 representa un ejemplo de un elemento de implantación del cabello propuesto de acuerdo con una realización de la solicitud.

Las figuras 4 y 5 son ejemplos de las vistas de monitor representativas generadas como parte de una planificación de tratamiento que ilustra el uso de dos plantillas diferentes.

La figura 6a representa un ejemplo de cómo los puntos de control sobre dos elementos capilares pueden influir en un sitio propuesto.

La figura 6b representa un ejemplo de cómo los puntos de control sobre tres elementos capilares pueden influir en un sitio propuesto.

5 La figura 7a representa un ejemplo de cómo pueden generarse espirales de pelo.

La figura 7b representa otro ejemplo de cómo pueden generarse espirales de pelo.

La figura 7c es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método para generar un espiral de pelo.

La figura 8 ilustra, por ejemplo, la cabeza de una persona sobre la cual se superponen tres elementos de pelo superpuestos.

10 Las figuras 9a y 9b representan los tres elementos de cabello propuestos superpuestos de la figura 8.

La figura 10 ilustra un ejemplo de un elemento de pelo que solapa completamente otro elemento de pelo.

La figura 11 ilustra un ejemplo de una línea de pelo propuesta adyacente a un parche para el cabello propuesto.

La figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de cómo se pueden generar sitios interpolados para una línea de pelo.

15 La figura 13 representa un ejemplo de una línea de pelo interpolada.

La figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de cómo se pueden generar sitios dentro de un límite de cabello.

La figura 15 ilustra un ejemplo de una realización de una proyección 2-D de un parche para el cabello.

20 La figura 16 ilustra otra realización de una proyección 2-D de un parche para el cabello que incluye sitios de implantación propuestos.

Las figuras 17a y 17b ilustran un ejemplo de una línea de cabello dibujada a mano alzada, sus puntos de control asociados y sitios de implantación de unidades foliculares propuestos.

Las figuras 18a y 18b ilustran un ejemplo de un parche para cabello dibujado a mano alzada, sus puntos de control asociados y sitios de implantación de unidades foliculares propuestos.

25 Las figuras 19a y 19b ilustran un ejemplo de cómo las curvas dibujadas a mano alzada pueden influir en los sitios de implantación de unidades foliculares propuestas.

La figura 20 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un método general para generar un plan de tratamiento utilizando un dibujo a mano alzada.

30 Las figuras 21a y 21b ilustran una representación de la cabeza del paciente, que incluye regiones del cabello con sitios de implantación propuestos, y representaciones del dispositivo tensor.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

35 En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos adjuntos que muestran a modo de ilustración realizaciones específicas en las que se puede poner en práctica la aplicación. En este sentido, los términos direccionales, tales como "interno", "delantero", "ausente", "superior", "derecho", "izquierdo", etc., se usan con referencia a la orientación de la(s) figura(s) que se describen. Debido a que los componentes o las realizaciones de la presente aplicación se pueden posicionar en varias orientaciones diferentes, y los métodos se pueden llevar a cabo de varias maneras diferentes, la terminología direccional se usa con fines de ilustración y no es de ninguna manera limitante. Además, los términos "acoplado", "unido", "conectado" o "montado" tal como se usan en el presente documento significan acoplados, conectados, integrados o montados directa o indirectamente, por ejemplo, a través de uno o más componentes intermedios. Debe entenderse que pueden utilizarse otras realizaciones y pueden realizarse cambios estructurales o lógicos sin apartarse del alcance de la presente solicitud. Además, varias características y elementos que se pueden discutir en referencia a realizaciones particulares se pueden combinar entre sí en otras realizaciones. La siguiente descripción detallada, por lo tanto, no debe tomarse en un sentido limitativo, y el alcance de la presente solicitud se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

40

Al planificar un procedimiento de trasplante capilar para un paciente en particular, el médico debe tener en cuenta muchos parámetros que varían de un paciente a otro. Por ejemplo, la densidad del cabello y la variación de densidad en diferentes regiones del cuero cabelludo del paciente, el calibre del pelo que también puede variar en todo el cuero cabelludo del paciente, la forma en que el paciente diseña y/o peina su cabello. Sin embargo, teniendo en cuenta estos parámetros, no es posible saber si el cabello que se implanta coincidirá con el cabello ya existente, tendrá una apariencia natural o si se verá como si hubiera sido trasplantado. Tampoco es posible saber cómo se verá el área desde la que se está recolectando el cabello después de que se haya eliminado o recolectado.

La aleatoriedad de aspecto natural es importante no solo para el elemento crítico de una línea de pelo sino también en el equilibrio de los sitios receptores y el sitio donante. Con este fin, cada elemento del pelo, que comprende, por ejemplo, líneas de pelo, parches capilares y el área donante no debe diseñarse ni planificarse de forma independiente entre sí. Al planificar un trasplante capilar, el médico debe asegurarse de que su plan ofrezca el mejor resultado en función del pelo existente en la cabeza del paciente, por ejemplo, la densidad o la distribución del pelo existente, su espacio, sus ángulos, cómo el paciente generalmente lo divide y/o peina, o cualquier otra cosa que contribuya a que el trasplante de cabello luzca natural. Un aspecto de la aplicación actual permite que se mantenga una aleatoriedad de aspecto tan natural, por ejemplo, en todo el cuero cabelludo del paciente. Además, Otra característica de la aplicación actual permite que un médico obtenga una imagen de cómo se verá su paciente en varias etapas durante, así como, después de completar un procedimiento de trasplante de cabello, basado en una imagen de su cabeza y su cabello real. La utilización de varios aspectos de la aplicación actual proporciona no solo una imagen de cómo se verá el cabello recién implantado, sino de qué áreas se verá el pelo donado una vez que el pelo haya sido recolectado del elemento(s) donante. Según otro aspecto de la aplicación actual, también se proporciona un medio mediante el cual un médico puede proponer posibles apariencias visuales y resultados estéticos a un paciente, explicando las diversas ventajas y desventajas funcionales y/o estéticas de los posibles planes de tratamiento, junto con una discusión del tiempo y/o costo asociado con cada plan de tratamiento propuesto. De esta manera, el paciente puede ver cómo se verá en cada uno de los escenarios discutidos, lo que reduce las posibilidades de que un paciente malinterprete lo que el médico puede tratar de transmitir a un paciente. En otro aspecto más de la aplicación actual, también se proporciona un medio mediante el cual el médico puede planificar una o más sesiones de cirugía de trasplante, optimizando el proceso para reducir potencialmente el número de sesiones requeridas para completar un trasplante capilar. Esta aplicación proporciona al médico una herramienta que le permite garantizar que haya, por ejemplo, suficiente pelo en las áreas donantes y cabello del tipo y calibre correctos para proporcionar la apariencia que el paciente espera. Si no es así, la aplicación actual le brinda al médico una herramienta que le permite ilustrarle al paciente sobre las posibles opciones de trasplante de cabello según la cantidad, tipo y calibre de pelo que tienen disponible en las áreas donantes. El sistema y los métodos descritos en la presente solicitud también proporcionan al médico un medio para planificar el proceso de trasplante capilar, el número de sesiones, etc.

Cabe señalar que, aunque la aplicación es particularmente útil en la recolección e implantación del pelo, no se limita al trasplante de pelo. La aplicación también puede ser beneficiosa para otros procedimientos que requieren un modelo de la superficie y partes del cuerpo del paciente, incluyendo características faciales y de la cabeza, por ejemplo, diversos procedimientos cosméticos y dermatológicos que implican planificación del tratamiento (por ejemplo, cirugía plástica, eliminación o reducción de arrugas, inyecciones de sustancias cosméticas, procedimientos de injerto de piel, corrección o eliminación de defectos con marcas de nacimiento, reconstrucción facial, rinoplastia, contorno de ojos o labios, remodelación de orejas, nariz, párpados o mentones, rejuvenecimiento facial, rejuvenecimiento cutáneo con láser, estiramiento de la piel, etc.) pueden beneficiarse del sistema y el método de las aplicaciones aquí descritas. Un ejemplo de aplicabilidad de la aplicación es en imágenes diagnósticas de la piel para fines cosméticos u otros fines médicos, por ejemplo, injertos de piel o eliminación de tatuajes. Por conveniencia de la descripción, la siguiente descripción se analizará mediante ejemplos en referencia a los procedimientos de trasplante capilar. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que dicha descripción tiene solo fines ilustrativos y de ejemplo, y no pretende ser exhaustiva o limitante.

De acuerdo con una realización de la solicitud en referencia al trasplante de pelo, se puede crear un plan de tratamiento para un procedimiento de trasplante capilar al menos parcialmente mediante una computadora. El plan de tratamiento modifica automáticamente, o genera uno o más sitios de unidad folicular propuestos dentro de un primer elemento de pelo basándose en uno o más parámetros de folículos pilosos o unidades foliculares en uno o más segundos elementos de pelo. En otra realización de la aplicación, el plan de tratamiento modifica automáticamente, o genera sitios propuestos de unidad folicular dentro de un primer elemento de pelo basándose en uno o más parámetros de unidades foliculares en el grupo de pelo, el grupo de pelo que comprende un primer y uno o más segundos elementos de pelo. En cualquier caso, la información del parámetro entre dos regiones del pelo se comparte, proporcionando así una herramienta para facilitar un resultado de trasplante capilar de aspecto más natural. El plan de tratamiento puede tomar en consideración uno o más parámetros, que incluyen, entre otros: una ubicación de uno o más elementos del pelo, el perfil geométrico de los elementos del pelo, el número y/o tipo de unidades foliculares a ser recolectadas/implantadas, un grado de aleatoriedad asociado con ubicaciones particulares de recolección/implante, espaciado entre ubicaciones de implantes adyacentes, profundidad del folículo, profundidad del implante, orientación de los folículos o unidades foliculares, identificación del paciente (por ejemplo, color del cabello, origen étnico, edad, etc.), ubicación(es) del marcador y/o densidad de los sitios de recolección/implante. Para los planes de tratamiento relacionados con otros procedimientos en el cuerpo, el plan de tratamiento también puede tomar en consideración uno o más parámetros como el perfil geométrico de los elementos, un grado de aleatoriedad asociado con ubicaciones de procedimientos

particulares, una separación entre ubicaciones de procedimientos adyacentes, una profundidad, coloración de la piel, textura de la piel, tensión de la piel, dimensiones de rasgos faciales, topología facial, identificación del paciente, ubicación del marcador, densidad de sitios del procedimiento. En algunas realizaciones, la información sobre una unidad folicular particular o combinación de unidades foliculares se puede obtener a partir de una base de datos de unidades foliculares. Esta base de datos puede contener información específica para el paciente en cuestión o para los pacientes en general. La base de datos puede contener información clasificada por origen étnico, sexo y/o edad, por ejemplo. En otra realización más, el plan de tratamiento puede generarse o modificarse con base en los puntos de control en o dentro del primer y/o segundo elementos capilares. Los puntos de control pueden ser puntos individuales, líneas, formas u otros marcadores que pueden usarse para proporcionar una base para la generación o modificación de sitios de unidades foliculares dentro del primer elemento de pelo.

Después de que el plan de tratamiento ha sido creado, al menos parcialmente, por la computadora, el usuario puede aceptar o modificar el plan de tratamiento. Una vez que el plan de tratamiento cumple con las expectativas del médico, usuario y/o paciente, el usuario puede registrar el plan de tratamiento con un paciente. En algunas realizaciones, esto se puede lograr usando una o más cámaras para identificar uno o más marcadores que podrían colocarse directamente en el paciente o en un dispositivo usado en el paciente. El marcador puede ser un reflector que está asegurado al paciente, una marca de tinta dibujada en el paciente o una anatomía del paciente. Alternativamente, el marcador puede ser, por ejemplo, una marca en un dispositivo de tensión de la piel que puede ser utilizado por el médico en el procedimiento de trasplante capilar. Los marcadores identificados pueden usarse para determinar una posición y/u orientación de un elemento en el paciente.

Los procedimientos de trasplante de cabello que se llevan a cabo utilizando sistemas automatizados (que incluyen robóticos) o sistemas controlados por computadora se han descrito, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos número 7962192, comúnmente propiedad del cesionario de la presente solicitud. Después de que el sistema robótico ha sido iniciado y calibrado, la computadora del sistema adquiere y procesa los datos de imagen de la superficie del cuerpo para identificar objetos, en particular unidades foliculares en un elemento donante, por ejemplo, en el cuero cabelludo humano. A partir de las imágenes de este elemento de interés, la segmentación de imágenes y el software de detección que reside en la computadora identifican y seleccionan unidades foliculares particulares de interés para la extracción del cuero cabelludo.

De acuerdo con diversas realizaciones de la solicitud, un sistema para planificar un procedimiento para el trasplante de unidades foliculares en una superficie corporal (por ejemplo, un cuero cabelludo) de un paciente puede comprender una interfaz de usuario, procesador (por ejemplo, controlado por software), un monitor y al menos un dispositivo de entrada. Estos componentes son comunes a prácticamente todos los sistemas informáticos modernos, ya sea un sistema informático autónomo (por ejemplo, "personal") o en un sistema que emplea un servidor centralizado con varios terminales remotos. Se apreciará que las realizaciones del sistema de planificación son preferiblemente (si no exclusivamente desde un punto de vista práctico) software implementado, y pueden ejecutarse en cualquier sistema informático que tenga los componentes básicos (procesador, monitor, dispositivo de entrada), siempre que dicho sistema informático esté equipado con suficiente memoria disponible y una capacidad apropiada de generación y visualización de gráficos. El sistema informático puede incluir una o más unidades de procesamiento, uno o más medios de almacenamiento no transitorios (que pueden tomar la forma de, pero no se limitan a, un medio de almacenamiento magnético, medio de almacenamiento óptico, medio de almacenamiento magneto-óptico; memoria de sólo lectura; memoria de acceso aleatorio; memoria programable borrable; memoria flash; y así sucesivamente), y/o uno o más componentes de entrada y/o salida para transmitir la salida y/o recibir la entrada de uno o más componentes (tales como una o más pantallas, pantallas táctiles, teclados, ratones, almohadillas de pistas, bolas de seguimiento, lápices ópticos, bolígrafos, impresoras, altavoces, cámaras, cámaras de video, etc.). La unidad de procesamiento puede comprender uno o más módulos para ejecutar instrucciones almacenadas en el medio de almacenamiento para realizar una o más funciones del dispositivo informático, tales como uno o más métodos de planificación de tratamiento. El sistema o la unidad de procesamiento puede incluir adicionalmente un banco de imágenes, el banco de imágenes que comprende plantillas, imágenes de uno o más pacientes y/o imágenes de partes de plantillas o pacientes. El sistema se puede configurar para implementar todas las metodologías, procesos y técnicas descritos en este documento.

Aunque puede sugerirse que el sistema informático incluye componentes particulares dispuestos en una configuración particular, se entiende que esto es a efectos de ejemplo. En varias implementaciones, el sistema informático puede incluir cualquier cantidad de componentes del sistema informático (como uno o más buses, pantallas, componentes de red, procesadores de imágenes dedicados, coprocesadores, memorias, discos duros, puertos, adaptadores de gráficos, etc.) dispuestos en diferentes configuraciones sin apartarse del alcance de la presente descripción. Por ejemplo, en una o más implementaciones, el sistema informático puede incluir múltiples cámaras y/o video cámaras dispuestas para capturar imágenes y/o video de la misma escena. A modo de otro ejemplo, en diversas implementaciones, el sistema informático puede incluir una o más interfaces para controlar maquinaria tal como maquinaria quirúrgica asistida por ordenador y/o automática.

También se apreciará que las realizaciones de la aplicación pueden implementarse a través de Internet, por ejemplo, con un usuario de dicho sistema que emplea su computadora doméstica como al menos parte de la interfaz de usuario (monitor y dispositivo de entrada) que interactúa con un servidor remoto o una computadora. En un sistema de planificación basado en Internet, el software que implementa y controla la interfaz de usuario puede residir en su

totalidad o en parte en la computadora del usuario o en el servidor/computadora remota, preferiblemente transparente para el usuario. En una de tales realizaciones, el servidor remoto descarga uno o más módulos de software a la computadora del usuario para uso temporal o permanente.

5 A continuación, se describirán formas de realización ejemplares de una interfaz de usuario implementada y controlada por software para planificar un procedimiento de trasplante de unidades foliculares junto con las figuras adjuntas. Se apreciará que pueden implementarse diversas y múltiples variaciones de las realizaciones descritas sin apartarse del alcance general de la solicitud, que se expone en las reivindicaciones adjuntas.

10 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de una metodología general de un procedimiento de planificación de tratamiento de acuerdo con la presente descripción. Como cuestión preliminar, en la etapa 110, los datos de imagen se adquieren, por ejemplo, usando un dispositivo de adquisición de imagen o de formación de imágenes, o a partir de datos preexistentes almacenados en la memoria del sistema informático, o cualquier otra técnica conocida en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los datos de imagen pueden recuperarse de los registros electrónicos del paciente o datos generales del paciente. En otras realizaciones, los datos de imagen pueden crearse en tiempo real, usando una cámara digital, video digital, microscopio digital o dispositivos similares, siendo el dispositivo móvil o de otro modo, los datos adquiridos de la manera más adecuada para la aplicación en cuestión. Los datos de imagen pueden comprender una o más imágenes, incluidas suficientes imágenes 2-D para permitir que una unidad de procesamiento de imágenes del sistema informático cree una imagen 3-D.

20 En la etapa 120, un procesador o procesador de imágenes procesa y registra información asociada con los datos de imagen. Dicha información comprende, por ejemplo, la ubicación y orientación de unidades foliculares o folículos pilosos existentes, información que pertenece a cicatrices, lunares, pecas, arrugas, rasgos faciales, tatuajes o cualquier otra característica de la superficie del cuerpo.

25 En la etapa 130, con base en la información determinada en la etapa 120, el procesador propone elementos capilares, o elementos de la superficie del cuerpo, incluyendo elementos faciales (y que consisten en la modificación propuesta de las características existentes de la superficie corporal) y uno o más componentes de presentación en el sistema de planificación de tratamiento, tales como un monitor, se usan para presentar visualmente información indicativa de los elementos/cuerpo de superficie propuestos. En referencia al trasplante de cabello, los elementos de pelo propuestos pueden incluir, por ejemplo, una línea de pelo o un parche para el pelo. Los elementos de pelo propuestos pueden incluir elementos de los que se recolectarán o implantarán unidades foliculares. En una realización, los elementos de pelo propuestos comprenden una curva de límite propuesta y/o sitios de recolección/implantación propuestos. En algunas realizaciones, los elementos de pelo propuestos se proponen basados en los datos de imagen solos. En otras realizaciones, los elementos de pelo se proponen basados adicionalmente en plantillas que residen en los depósitos de imágenes del sistema informático. Estas plantillas pueden ser seleccionadas automáticamente por el sistema informático en función de los datos de imagen procesados, o alternativamente pueden ser seleccionados por el usuario, o por una combinación de ambos. En algunas realizaciones, una vez que se ha seleccionado una plantilla, se pueden seleccionar además porciones de la plantilla. En otra realización más, los elementos de pelo propuestos pueden ser identificados o generados por el usuario, por ejemplo, mediante dibujo a mano alzada, usando, por ejemplo, un ratón, lápiz, pluma o herramienta de línea en un dispositivo susceptible de ser tocado, tableta u otro dispositivo similar.

40 Opcionalmente en la etapa 140, se pueden proporcionar instrucciones ejecutables para permitir al usuario modificar los elementos del pelo/elementos de la superficie corporal propuestos modificando la curva límite propuesta y/o los sitios propuestos de recolección/implantación basándose en su análisis de la imagen mostrada. La curva límite propuesta y/o los sitios propuestos de recolección/implantación pueden comprender puntos de control para ayudar en el proceso de modificación. En una realización, el usuario modifica la curva límite del cabello propuesta o los sitios propuestos de recolección o implantación en una vista 2D, y el sistema informático convierte la modificación 2D en una modificación 3D basada en los datos 3D, como los datos de un modelo de malla 3D.

45 En la etapa 150, dos o más elementos del cabello/elementos de la superficie del cuerpo se asocian para formar un grupo, tal como un grupo de pelo. Los sitios se modifican o se generan en la etapa 160 en función de los grupos de pelo definidos. Tomemos, por ejemplo, un grupo de pelo que comprende dos elementos de pelo. En un ejemplo, uno o más sitios de unidad folicular propuestos en un primer elemento de pelo ahora pueden modificarse o generarse basándose en uno o más parámetros de unidades foliculares en el segundo elemento de pelo que está en el mismo grupo de pelo con el primer elemento. En otro ejemplo, uno o más sitios de unidad folicular propuestos en un primer elemento de pelo se modifican o se generan basándose en uno o más parámetros de unidades foliculares en el grupo de pelo como un todo.

55 En el caso de que el usuario desee asociar una combinación diferente de elementos de pelo para modificar o generar más sitios propuestos, los pasos 150 y 160 pueden repetirse hasta que se hayan asociado todas las combinaciones deseadas y se hayan modificado o generado los sitios propuestos deseados.

En la etapa 170, se acepta el plan de tratamiento y, opcionalmente, en la etapa 180 se puede generar un plan de cuadrícula (descrito con más detalle a continuación).

Aunque el método 100 se ilustra y describe como que incluye operaciones específicas realizadas en un orden específico, se entiende que esto es con fines de ejemplo. En diversas implementaciones, algunas operaciones pueden realizarse en otro orden sin apartarse del alcance de la presente descripción. En otras implementaciones, solo se puede requerir un subconjunto de las diversas operaciones, nuevamente sin apartarse del alcance de la presente solicitud.

5 En cualquier etapa del procedimiento, el plan propuesto puede guardarse para su posterior modificación, edición o actualización en una fecha posterior. Esto puede ser beneficioso si después de la ejecución de una sesión particular del plan de tratamiento, el cabello del paciente no crece según lo predicho, lo que requiere la modificación del plan de tratamiento. O, después de la ejecución de una sesión particular del plan de tratamiento, el paciente tiene un cambio de opinión, o no puede permitirse realizar todo el procedimiento según lo planeado, requiere una modificación para abordar sus preocupaciones financieras, mientras que al mismo tiempo le proporciona un trasplante de pelo que tiene una apariencia natural.

10 Las figuras 2a y 2b ilustran un ejemplo de una realización de cómo se adquieren los datos de imagen (etapa 110). Las imágenes 205a y 205b se adquieren de una superficie corporal de un paciente, por ejemplo, varias vistas de la cabeza del paciente (y, en particular, del cuero cabelludo), para lo cual se está planificando el procedimiento de trasplante en cuestión. A modo de ejemplo no limitativo, las imágenes pueden adquirirse utilizando una cámara digital de mano, o incluso una cámara de teléfono móvil, y entrada a través de la interfaz de usuario del sistema de planificación, de acuerdo con la tecnología conocida y disponible para transmitir datos de imágenes digitales. No es necesario incluir imágenes de cada parte de la cabeza del paciente, ya que los expertos en la materia saben que el software de modelado puede generar un modelo de superficie tridimensional suficientemente preciso de la cabeza/cuero cabelludo desde solo unas pocas vistas, por ejemplo, desde cuatro (4) hasta seis (6) vistas desde diferentes direcciones y lados, incluyendo, por ejemplo, desde la parte superior. Dependiendo del propósito del plan de tratamiento (por ejemplo, procedimiento cosmético facial o planificación del trasplante de cabello en el cuero cabelludo), el número mínimo y los ángulos/direcciones de las vistas deseadas se pueden ajustar para lograr un modelo lo suficientemente preciso. Las imágenes adquiridas se procesan luego para generar un modelo tridimensional de la cabeza del paciente (por ejemplo, el cuero cabelludo) utilizando un software de modelado. Se apreciará que puede usarse cualquier programa de software adecuado.

15 En una realización alternativa en la que no se proporcionan imágenes adquiridas de la cabeza/cuero cabelludo del paciente (u otra superficie corporal aplicable), el software de modelado está configurado para generar (seleccionando la opción de menú "generar") un modelo tridimensional basado en entradas relacionadas con características seleccionadas, como origen étnico o raza, y/u otras características seleccionadas a través de uno o más menús, algunos objetivos (por ejemplo, sexo, edad) y otros puramente subjetivos (por ejemplo, características simétricas atractivas, frente larga).

20 En algunas realizaciones, se proporciona información de entrada adicional al sistema de planificación además de generar el modelo de superficie corporal. Por ejemplo, las características particulares específicas de los folículos pilosos (por ejemplo, el color o la tosquedad) pueden derivarse de las imágenes y/o la entrada a través de la interfaz del usuario. La información adicional puede ser ingresada por el usuario o determinada a partir de las imágenes adquiridas mediante el procesamiento de imágenes, como la forma geométrica de la superficie del cuerpo (por ejemplo, la cabeza del paciente), líneas de pelo existentes, la existencia de cicatrices o lunares, la ubicación de donde los folículos se han recolectado o implantado previamente, y un número de cada tipo (es decir, folículo único o múltiple) y el color (por ejemplo, oscuro, claro, gris, etc.) de la unidad folicular disponible para la recolección. Se apreciará que el modelo tridimensional puede generarse alternativamente mediante varios otros métodos, por ejemplo, usando un escáner láser 3D y/o uniendo múltiples imágenes digitales entre sí. El sistema de realizaciones de la presente solicitud utilizará la información tridimensional de la misma manera, independientemente de cómo se genere.

25 Ya sea a partir de las imágenes adquiridas, o mediante otras entradas de características descriptivas, el software de modelado genera y muestra en el monitor de interfaz de usuario del sistema de planificación un modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente. Con referencia al trasplante de cabello, este modelo representará la cabeza/cuero cabelludo del paciente, y por lo tanto exhibirá típicamente características de patrones de calvicie masculinos/femeninos, que comprenden regiones calvas 210, unidades foliculares 215 y regiones pobladas, y/o regiones que están más o menos densamente pobladas que otras. Las regiones pobladas 215 comprenderán unidades foliculares que se agrupan para formar regiones de cabello que bordean regiones menos pobladas, o regiones calvas. Estas regiones de cabello pueden tener geometría asociada a ellas. Las unidades foliculares tienen varios parámetros tales como tipo, calibre, orientación con respecto al cuero cabelludo, espaciado entre unidades foliculares adyacentes, altura de los folículos por encima del cuero cabelludo, por ejemplo.

30 En función de estas características, información y/o una o más características físicas determinadas por el procesamiento de las imágenes adquiridas, el software de modelado genera automáticamente y el sistema de planificación muestra en el monitor de interfaz de usuario del sistema de planificación, una representación visual de uno o más elementos propuestos 220 para sitios de unidades foliculares como se muestra en la figura 3 (etapa 130 del diagrama de flujo de la figura 1). De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, el sistema de planificación puede proponer automáticamente un plan de tratamiento. Por ejemplo, se pueden proponer elementos capilares en los que se pueden implantar folículos pilosos para crear un aspecto natural para el paciente. Esto se puede lograr

5 mapeando los elementos anatómicos determinados a partir de la imagen adquirida sobreponiendo los elementos de pelo propuestos y mostrándolos en el monitor de la interfaz de usuario. Dichos elementos anatómicos comprenden, por ejemplo, la forma geométrica de las regiones pobladas por pelo y la forma geométrica de las regiones calvas, las regiones pobladas por unidades foliculares, la ubicación de los ojos, oídos y nariz del paciente. Uno o más elementos propuestos para sitios de unidades foliculares pueden, por ejemplo, como se ilustra en la figura 3 proponerse en una región 210 calva y comprender una curva 230 límite y opcionalmente uno o más sitios 240 de implantación propuestos. En esta ilustración particular, se ilustran los puntos 250 de control. Estos puntos 250 de control pueden ser generados por un sistema informático y/o determinados por el usuario. Típicamente, los puntos de control se encuentran en la curva límite, aunque pueden residir dentro del elemento 220 de pelo o adyacentes a él. El usuario puede modificar opcionalmente la curva 230 de límite usando un movimiento de clic y arrastre convencional de un ratón de computadora (paso 140) para arrastrar la curva de límite 230, o arrastrar los puntos 250 de control. El sistema está configurado de manera que la operación de arrastrar los puntos 250 de control se interpola a cada punto a lo largo de la curva 230 de límite entre puntos de control adyacentes. De acuerdo con otro aspecto de la divulgación, el usuario puede proponer manualmente un plan de tratamiento (que incluye un plan para un área donante donde se recolectarán los injertos capilares y un plan para el área receptora donde se implantarán los injertos capilares), utilizando un lápiz y una pantalla táctil, por ejemplo, proponiendo un plan bidimensional (2-D) dibujado a mano alzada que el sistema informático y sus diversas unidades de procesamiento convierten en un plan tridimensional (3-D). Este aspecto se describirá con mayor detalle más adelante en la descripción.

20 De acuerdo con algunas realizaciones, se puede generar un plan de tratamiento basado, al menos en parte, en datos de formación de imágenes tales como imágenes de uno o más depósitos de imágenes. Por ejemplo, el sistema de planificación puede mapear elementos anatómicos determinados a partir de las imágenes adquiridas para modelar cabezas o plantillas que se encuentran dentro de los repositorios de imágenes para proponer automáticamente un plan de tratamiento. En algunas realizaciones, el usuario puede seleccionar (por ejemplo, moviendo un cursor y haciendo clic con el mouse, usando las flechas en un teclado para mover un cuadro de selección, o tocando con un lápiz óptico) una imagen o plantilla de repositorios de información del paciente que contienen imágenes de uno o más pacientes. Por ejemplo, la plantilla puede identificar el resultado final o la etapa posterior que el paciente desea alcanzar en términos de su proceso de tratamiento de trasplante de cabello. Estas plantillas pueden, por ejemplo, sugerir diferentes resultados de estilo de cabello que pueden lograrse. Estas plantillas pueden comprender plantillas para hombres, mujeres, niños o niñas; plantillas correspondientes a diversos orígenes étnicos; plantillas correspondientes a varias formas de cabeza; y/o plantillas correspondientes a diversos grados de pérdida de cabello, como una plantilla basada en la escala de pérdida de cabello de Norwood. Por ejemplo, una plantilla que muestra un paciente caucásico de raza blanca con cabello que retrocede levemente en un patrón en forma de cuña se puede usar para un paciente con un patrón similar de calvicie en forma de cuña. Tras haber seleccionado la plantilla o combinación de plantillas más adecuada, el software de modelado genera y el sistema de planificación asigna las plantillas seleccionadas a los datos de imagen adquiridos, y las muestra en el monitor de la interfaz de usuario del sistema de planificación, un modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo de un paciente, añadiendo o superponiendo uno o más elementos según lo dictado por la plantilla seleccionada usando, por ejemplo, un algoritmo de ajuste óptimo. Es decir, una representación visual de las regiones de cabello existentes de los pacientes, que incluyen elementos de cabello en los que se desea implantar unidades foliculares. Estos uno o más elementos se generan de forma tal que se adaptan a escala para ajustarse al modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente. Opcionalmente, uno o más elementos se pueden modificar en forma y tamaño para ajustarse al modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente. Tal modificación puede requerir, por ejemplo, que el software de modelado coloque un cuadro de dimensionamiento alrededor de cada uno, un subconjunto de, o todos los uno o más elementos. La caja de dimensionamiento permite al usuario variar el tamaño y la forma de uno o más elementos de una manera bien conocida por las personas de diversas artes. Por ejemplo, seleccionar y arrastrar cualquier lado de la caja estirando/comprimiendo el lado respectivo, y/o seleccionando una esquina y estirando/comprimiendo todo el cuadro. La modificación también puede comprender rotar cada uno, un subconjunto de, o todos los uno o más elementos.

50 En otra implementación, las imágenes de los repositorios se pueden usar para identificar regiones de interés a través de segmentación, contorneado o similares. Por ejemplo, las imágenes de los repositorios de imágenes pueden identificar elementos capilares que se proponen agregar al modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo de un paciente. Por ejemplo, el usuario puede seleccionar un elemento de recolección/implantación de cabello predeterminado de un rango de posibles opciones. Esto se ilustra en la figura 4 que muestra una vista en un monitor de interfaz de usuario del sistema de planificación, en el que se muestra un modelo 305 tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente en el lado derecho (según lo ve el lector). A la izquierda, se ilustra una plantilla 310, comprendiendo la plantilla varios elementos seleccionables en los que se puede proponer que se implanten unidades foliculares. En este ejemplo particular, el usuario puede seleccionar uno o más de un elemento 320 frontal, un elemento 325 de hebilla, un elemento 330 de cuero cabelludo medio, o un elemento 335 de corona como elemento(s) en los que se va a implantar el cabello. El área 340 donadora (que se muestra en el lado izquierdo de la plantilla) no es un elemento seleccionable, siendo este el elemento a partir del cual se recolectarán las unidades foliculares para cumplir con los requisitos de implantación. Tras haber seleccionado los elementos deseados en los que se van a implantar unidades foliculares, el software de modelado se genera y el sistema de planificación muestra en el monitor de interfaz de usuario las representaciones del sistema de planificación de los elementos seleccionados en el modelo 305 tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente. En el ejemplo ilustrado, en la imagen que aparece en el lado derecho del monitor de la interfaz del usuario,

se pueden ver los contornos de los elementos del cabello propuestos que comprenden puntos de control en la periferia del mismo, lo que indica que el elemento 320 frontal, el elemento 325 de cierre y el elemento 335 de corona han sido seleccionados por el usuario. En este ejemplo particular, las representaciones se generan de tal forma que se ajustan a escala para ajustarse al modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente. Como se muestra en el lado derecho de Fib. 4, las representaciones pueden comprender puntos 345 de control que pueden seleccionarse y arrastrarse, permitiendo así al usuario modificar la forma y el tamaño de las representaciones en el modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente.

La figura 5 ilustra otro ejemplo en el que, una vez más, se muestra un modelo 405 tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente en el lado derecho (tal como lo ve el lector), y una plantilla 410 a la izquierda que ilustra un elemento menos que el ilustrado en la figura 4. En este ejemplo, el usuario solo puede seleccionar de una plantilla 410 uno o más de un elemento 420 frontal, un elemento de cuero cabelludo medio, 430 o un elemento 435 de corona como elemento(s) en el que se va a implantar el cabello. Esta limitación de los elementos disponibles para la selección puede deberse a una elección previa del usuario (por ejemplo, el usuario que ha seleccionado esta plantilla de una selección de plantillas), la sesión del procedimiento de trasplante de cabello (por ejemplo, la primera sesión de tres sesiones de trasplante), el número limitado de unidades foliculares de donantes, razones financieras, la elección del médico o sobre la base de datos previos de trasplante, etc. En este caso, si el usuario ha seleccionado ese cabello para trasplantar solo en el elemento frontal, a continuación, el software de modelado genera y el sistema de planificación muestra en el monitor de interfaz de usuario del sistema de planificación una representación del elemento 420 de implante frontal en el modelo 405 tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente. Como se ilustra, la representación comprende puntos 445 de control que se pueden seleccionar y arrastrar, permitiendo así al usuario modificar la forma y el tamaño de las representaciones en el modelo 405 tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente.

Según otro aspecto de la aplicación, después de haber seleccionado de una gama de plantillas posibles una plantilla que mejor identifica a su paciente, el software de modelado genera y visualiza las pantallas del sistema en el monitor de la interfaz del usuario del sistema de planificación, una selección de opciones de planes de tratamiento. Estas opciones de planes de tratamiento pueden incluir, por ejemplo, una implantación de unidades foliculares de alta densidad solo en el elemento frontal, una implantación de unidades foliculares de densidad más baja en el elemento frontal solamente, implantación de unidades foliculares en los elementos frontales y medios del cuero cabelludo, o tal vez la implantación de unidades foliculares a lo largo del cuero cabelludo del paciente, por ejemplo. Será evidente para el lector que la cantidad de opciones disponibles es numerosa y, por lo tanto, todos los ejemplos no se describen en este documento. En otra realización, el software de modelado puede proporcionar adicionalmente una indicación de cuáles de las muchas opciones están realmente disponibles para el paciente, por ejemplo, haciendo imposible seleccionar ciertas opciones. Por ejemplo, si no es posible una opción de implantación de una unidad folicular de alta densidad en el cuero cabelludo del paciente debido a la falta de unidades foliculares del donante que puedan recolectarse, por ejemplo, el software de modelado no habilitará esa opción de tratamiento específico, y no lo convertirá en una opción que pueda ser seleccionada por el usuario. Para implementar esta opción, será evidente que el sistema informático tendrá que obtener información relativa al número y, opcionalmente, al tipo de unidades foliculares disponibles para la implantación. Esta información puede ser ingresada por el usuario en el sistema de planificación de tratamiento, o puede ser proporcionada por el sistema de planificación de tratamiento en sí, al analizar los datos de la imagen, y determinar cuántas unidades foliculares están disponibles para la recolección sin detrimento de la apariencia estética del cabello en el área del donante en la cabeza del paciente. En una configuración alternativa, el sistema de planificación del tratamiento puede configurarse para planificar la recolección de unidades foliculares de las unidades foliculares existentes, y en función del número y/o tipo de unidades foliculares que se propone recolectar, puede utilizar este número y/o tipo en la generación de un plan de implantación propuesto. Será evidente para el lector que las opciones que el usuario puede seleccionar variarán según el contexto.

Sin embargo, generado, el software de modelado genera y el sistema de planificación puede mostrar en la interfaz de usuario al menos un elemento de pelo propuesto, por ejemplo, un sitio de implantación de cabello en particular. Habiendo seleccionado los elementos capilares dentro de los cuales, por ejemplo, se desea la implantación de unidades foliculares, el plan de tratamiento puede personalizarse adicionalmente.

Según otro aspecto, la presente solicitud también proporciona un plan de tratamiento que modifica automáticamente, o genera sitios de unidad folicular propuestos dentro de un primer elemento de pelo basándose en uno o más parámetros de unidades foliculares en uno o más segundos elementos de pelo. Este aspecto de la aplicación se describirá ahora con referencia a las figuras 4 y 6a. Se explicó anteriormente (en relación con la figura 4) que el usuario había seleccionado los elementos 320, 325 y 335 de implantación capilar. Supongamos que el modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo 305 del paciente como se muestra en el lado derecho (según lo ve el lector) representa el estado actual de la cabeza del paciente. Un estado en el que el elemento frontal y el elemento de cierre están más densamente poblados con pelo que el elemento de la corona. El usuario puede seleccionar, por ejemplo, un primer elemento, el elemento 335 de corona, como un elemento al que el usuario desearía implantar injertos capilares, la implantación llevada a cabo de manera que la densidad resultante de los implantes de unidades foliculares proporciona una densidad sustancialmente equivalente a la del elemento 325 de inmovilización. Por lo tanto, el usuario desea que se proporcione un plan de tratamiento tal que los sitios de implantación de la unidad folicular dentro del primer elemento, el elemento 335 de corona, se generan con base en un parámetro (por ejemplo, la densidad) de las unidades foliculares en un segundo elemento, el elemento 325 de inmovilización.

Este escenario se representa con mayor detalle en la figura 6a. Debería ser evidente para el lector que, aunque la forma y los detalles de los diversos elementos se han simplificado, las regiones representadas como 325 y 335 en la figura 4 corresponden generalmente a las regiones representadas como 325 y 335 en la figura 6a. El primero de los elementos 335 comprende un conjunto de uno o más puntos de control que están asociados con él, ilustrados por los cinco puntos de control, P_0 , P_1 , P_2 , P_3 y P_4 . El segundo elemento 325 también comprende un conjunto de uno o más puntos de control que están asociados con él, ilustrados por los cuatro puntos de control Q_0 , Q_1 , Q_2 y Q_3 . Estos puntos de control pueden ser determinados o propuestos por el sistema de planificación de tratamiento. Alternativamente, pueden ser indicados como puntos de control por el usuario simplemente moviendo un cursor en la pantalla hacia la ubicación del punto de control propuesto, y haciendo clic en un botón del mouse para crear un punto de control. En otra alternativa, los puntos de control propuestos por el sistema de planificación de tratamiento pueden ser modificados por el usuario, una vez más utilizando la característica de arrastre y un mouse, por ejemplo, o se pueden agregar puntos de control adicionales a los propuestos por el sistema. Los puntos de control pueden basarse en elementos dentro de la imagen de la superficie del cuerpo del paciente, como unidades foliculares o folículos pilosos, o pueden basarse en la información proporcionada por el usuario, virtual. Las propiedades o parámetros asociados con cualquier punto de control se pueden determinar a partir de los datos de imagen, proporcionados por el sistema de planificación de tratamiento o proporcionados por el usuario. Estos parámetros, en referencia al cabello, pueden incluir, por ejemplo, información sobre el tipo de unidad folicular, la longitud de los folículos pilosos, el ángulo de los folículos pilosos o un valor de densidad asociado con un folículo piloso o una unidad folicular (generalmente se basa en determinar la cantidad de pelos dentro de una distancia especificada del punto de control). Con referencia a los tratamientos cosméticos o dermatológicos, estos parámetros pueden comprender la coloración de la piel, la textura de la piel, la tensión de la piel, las dimensiones de la función facial, la topología facial, etc. Una vez creado, en este aspecto de la aplicación, en lugar de los parámetros del sitio de implantación propuesto 510 se basa únicamente en los cinco puntos de control P_0 , P_1 , P_2 , P_3 y P_4 que lo rodean, como se muestra en las flechas sólidas, el/los parámetro(s) del sitio de implantación 510 propuesto se basan en los nueve puntos de control Q_0 , Q_1 , Q_2 , Q_3 , P_0 , P_1 , P_2 , P_3 y P_4 , como se representa mediante las flechas sólidas y punteadas. El(los) parámetro(s) del sitio (510) de implantación propuesto pueden interpolarse a partir del(de los) parámetro(s) de los nueve puntos de control.

Se apreciará que existen numerosos métodos de interpolación que pueden utilizarse para esta aplicación. Un ejemplo de una técnica de interpolación es aquella en la que el parámetro del sitio capilar propuesto se basa en un algoritmo de transformación de distancia inversa. Este método de interpolación calcula la distancia entre el punto que se va a interpolar (p. Ej., 510) y cada uno de los puntos de control respectivos, Q_0 , Q_1 , Q_2 , Q_3 , P_0 , P_1 , P_2 , P_3 y P_4 , y aplica una ponderación a cada uno de ellos en función de la distancia desde el punto a interpolar (510). De esta manera, el control P_1 tendrá una mayor influencia en el valor interpolado que los puntos de control P_0 y P_2 . De manera similar, los puntos de control Q_2 y Q_3 tendrán la menor influencia sobre el valor del punto interpolado 510. Para este algoritmo, cada uno de los puntos de control puede utilizarse y proporcionar una contribución al valor determinado del punto 510 a interpolar. En una alternativa, solo aquellos que se encuentren dentro de una cierta distancia desde el punto a interpolar pueden ser considerados o, por ejemplo, solo los dos puntos más cercanos. El valor interpolado aplicado al punto a interpolar 510 puede basarse en una interpolación lineal de los puntos de control, una interpolación polinómica, interpolación de Spline, interpolación no lineal (como un proceso gaussiano), u otras formas de interpolación que serán conocidas por los expertos en la técnica. El tipo de interpolación utilizada generará resultados variables, y algunos utilizarán más tiempo en el proceso de generación.

Se describirá ahora otra realización con referencia a las figuras 5 y 6b. En este ejemplo, el usuario selecciona adicionalmente el elemento frontal 320. Por lo tanto, el plan de tratamiento se genera de manera que los sitios de implantación de la unidad folicular dentro del primer elemento, el elemento 335 de corona, se generan con base en un parámetro (por ejemplo, la densidad) de las unidades foliculares en más de un segundo elemento, en este caso dos elementos: el elemento 325 de hebilla y el elemento 320 frontal. En esta situación particular, los parámetros del sitio 610 de implantación propuesto se basan en los catorce puntos de control Q_0 , Q_1 , Q_2 , Q_3 , P_0 , P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , R_0 , R_1 , R_2 , R_3 y R_4 como se representa mediante las flechas sólidas, discontinuas y punteadas (el elemento 320 frontal tiene 5 puntos de control adicionales R_0 , R_1 , R_2 , R_3 y R_4). Los parámetros del sitio 610 de implantación propuesto se pueden interpolar a partir del (de los) parámetro (s) de los catorce (14) puntos de control, o un subconjunto de los mismos.

En los ejemplos indicados anteriormente, se puede ver que los puntos de control referenciados estaban todos dispuestos en la periferia de los elementos del cabello, es decir, eran puntos de control del contorno. Sin embargo, para personalizar aún más el proceso de planificación de tratamiento, el sistema también puede agregar puntos 705 de control específicos distintos de los puntos 710 de control de contorno para producir efectos específicos, como un ángulo o densidad de implante, o para lograr un remolino y separación del cabello. Los puntos 705 de control individuales pueden colocarse dentro de la curva de límite 715 por el usuario, como se muestra en la figura 7a (los dos círculos 705 negros dentro de la curva de límite 715). Cualquier valor interpolado del sitio de implantación 720 (el círculo blanco/no llenado) se verá afectado tanto por los puntos de control del contorno 710 como por los puntos de control individuales 705, como se ilustra en la figura 7a. Esta personalización adicional puede utilizarse en un solo elemento de cabello o en combinación con las técnicas descritas anteriormente.

Las figuras 7b y 7c ilustran otra manera en la que los puntos de control pueden utilizarse para generar automáticamente un remolino de cabello (también referido como un espiral de pelo). Una espiral de pelo es una mancha de pelo que crece en una configuración circular con respecto a un punto en el cuero cabelludo, los pelos de un cabello que crecen

en diferentes direcciones hacia los pelos circundantes, en sentido horario o antihorario. La provisión de un buen trasplante de cabello se basa en la capacidad de crear una espiral de aspecto natural y es extremadamente difícil de crear manualmente. Por lo tanto, los espirales de pelo son una característica importante, particularmente en el área de la coronilla o vértice del cuero cabelludo. En este aspecto de la aplicación, se proporciona un método para crear automáticamente una espiral de pelo. En el ejemplo de la realización de las figuras 7b y 7c, primero puede identificarse una curva límite de cabello tal como un parche para el cabello (etapa 755 de la figura 7c), como se ilustra por la curva 725 de límite de pelo (figura 7b). Esta identificación puede ser llevada a cabo por la computadora, como se describió anteriormente, por ejemplo, proponiendo una curva límite de cabello basada en el conocimiento del cabello existente. En otros casos, esta identificación puede ser llevada a cabo por el usuario, seleccionando desde un rango de plantillas, o quizás dibujando a mano alzada en una pantalla táctil o dispositivo de tableta por medio de un lápiz óptico, por ejemplo. En algunas realizaciones, el usuario identifica la curva límite del pelo en un plano bidimensional (2-D), y uno o más módulos de un procesador de imagen convierten la entrada 2D en ubicaciones 3-D en el modelo 3-D de una superficie corporal, determinando un punto de intersección entre los valores de ubicación 2-D y el modelo 3-D de la superficie del cuerpo. Una vez que se ha identificado la curva 725 de límite de pelo, el procesador de la computadora o el usuario asigna varios puntos 730 de control a la curva de límite de pelo. En algunos casos, la identificación de la curva 725 de límite de pelo y los puntos 730 de control se puede llevar a cabo de manera sustancialmente simultánea. Como se describió anteriormente, el usuario puede modificar estos puntos 730 de control asignados, o agregar puntos de control adicionales (paso 760 opcional de la figura 7c). La adición de puntos de control puede incluir puntos de control añadidos a la curva 725 límite del pelo o dentro de un área delimitada por la curva del límite del pelo, como se ilustra en la figura 7b mediante puntos 735 de control adicionales. Para crear un plan de tratamiento para una espiral de pelo dentro de esta curva 725 límite de pelo, se identifica un centro 740 de espiral de pelo dentro de dicho límite. Este centro 740 de espiral de pelo se puede identificar, por ejemplo, utilizando la característica de interfaz del usuario tal como un icono de centro de espiral de pelo (no mostrado), que cuando se selecciona puede agregar automáticamente un centro 740 de espiral de pelo a la curva 725 de límite de pelo identificada. Esta identificación automática puede estar influenciada por las características o la genética del paciente, por ejemplo, sexo, raza, edad, donde el paciente se corta el pelo. Alternativamente, el sistema puede permitir al usuario tocar el icono del centro de la espiral del pelo con su lápiz óptico, y arrastrar el icono dentro de la curva 725 del límite del pelo, de manera que se cree un centro 740 de espiral de pelo en la ubicación deseada. Aunque el ejemplo anterior describe que el espiral de pelo está dispuesto dentro del límite 725, se apreciará que los planes de trasplante capilar también pueden incorporar planos en los que el centro de la espiral de pelo se disponga fuera de la curva del límite 725 del cabello o del parche. No importa cómo se identifique el centro 740 para la espiral del pelo, o dónde se encuentra, el usuario puede modificar su ubicación. Habiendo identificado dónde se va a ubicar el centro 740 de espiral del pelo, el procesador puede asignar automáticamente un valor de orientación inicial a cada uno de los puntos 730 de control y puntos 735 de control adicionales (etapa 770 en la figura 7c). Esta orientación inicial puede basarse, por ejemplo, en la orientación de una línea 745 virtual desde el centro 740 de espiral del pelo a cada uno de los respectivos puntos 730, 735 de control. Esta asignación automática del valor de orientación inicial también puede tener en cuenta al menos una o más características del modelo 3-D. Por ejemplo, la orientación puede tener en cuenta dónde se encuentran la nariz, los ojos, las cejas y/o las orejas en el modelo tridimensional del paciente. Habiendo determinado los valores de orientación iniciales para los puntos 730, 735 de control, el procesador puede generar automáticamente (etapa 780) sitios de implantación de unidades foliculares propuestos dentro del área perfilada por la curva 725 de límite de pelo basándose en la ubicación de los puntos 730, 735 de control, y sus correspondientes valores de orientación iniciales asignados.

En algunas realizaciones de la solicitud, puede ser deseable la modificación de los valores de orientación iniciales de los puntos 725, 730 de control. En algunos casos, esta modificación puede llevarse a cabo automáticamente por la unidad de procesamiento, por ejemplo, como se muestra en la figura 7b, aumentar el ángulo de orientación en un ángulo θ (750) en el sentido de las agujas del reloj con respecto a la línea 745 virtual para crear un espiral en el sentido de las agujas del reloj, o en el sentido contrario a las agujas del reloj desde la línea 745 virtual para crear un espiral en el sentido contrario de las agujas del reloj. El ángulo θ (750) puede ser cualquier ángulo que oscile entre 0 y 90 grados, por ejemplo 5, 10, 20, 30, 40 o 45 grados. Esta modificación automática se puede utilizar para lograr un aspecto particular del paciente, según los resultados conocidos, o tal vez para que coincida con uno o más folículos capilares existentes, o espirales del pelo que el paciente ya tiene. En otras realizaciones, el usuario puede modificar el valor de orientación inicial de los sitios de implantación de unidades foliculares propuestas. El usuario puede modificar el valor de orientación inicial de cada uno o un subconjunto del punto 730, 735 de control, o la modificación del valor de orientación inicial de un punto 730, 740 de control puede provocar automáticamente la modificación de cada uno de los otros puntos 730, 735 de control.

Para lograr una espiral del pelo de aspecto más natural, el procesador puede modificar adicionalmente automáticamente los valores de localización y/u orientación de los sitios de implantación de unidades foliculares propuestos generados automáticamente con base en la distancia del sitio de implantación folicular propuesto desde el centro 740 de la espiral de pelo. Para crear una apariencia más natural, la modificación automática puede comprender, por ejemplo, proporcionar una mayor desviación del valor de orientación inicial (o un ángulo mayor θ) cuanto más lejos esté la disposición del sitio de implantación de la unidad folicular propuesto del centro del espiral del pelo, y una menor desviación del valor de orientación inicial cuanto más cerca esté la disposición del sitio de implantación de la unidad folicular propuesto desde el centro de la espiral del pelo. Como se ilustra en la figura 7b, además de generar y visualizar para el usuario las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas, el sistema puede estar configurado

adicionalmente para generar y mostrar al usuario los folículos capilares, unidades foliculares o injertos capilares propuestos. Si se genera una visualización de este tipo, el procesador o el usuario pueden predeterminedir la longitud de los folículos, unidades foliculares o injertos propuestos, o el usuario puede introducirla. Tal longitud se puede modificar para crear un aspecto deseado. También es evidente que se puede crear un plan de tratamiento para más de una espiral de pelo en un paciente.

La implementación de la selección de elementos capilares puede proporcionarse mediante una lista de los elementos y una casilla de verificación asociada para cada elemento en el monitor. Al verificar cada uno de los elementos de pelo deseados que el usuario desea asociar entre sí, estos elementos de cabello se pueden agrupar, además de los puntos de control asociados con el mismo. Por lo tanto, los sitios propuestos pueden estar influenciados por todos los elementos asociados y sus puntos de control asociados.

Cuando se colocan múltiples elementos de pelo sobre la misma superficie corporal, es posible que se superpongan al menos parcialmente entre sí. Esto se ilustra en la Figura 8, que muestra una imagen de un cuero cabelludo del paciente, en la que se han identificado tres elementos capilares, por ejemplo, parches 810, 820 y 830 capilares propuestos. Estos elementos pueden haber sido identificados por el sistema de planificación de tratamiento, el usuario o una combinación de ambos. Dichos elementos solapantes pueden generarse, por ejemplo, cuando el usuario está tratando de planificar elementos de implantación que se personalizan para el paciente, teniendo en cuenta los elementos de cabello existentes que ya tienen pelo, evitando los elementos donde el cabello ya ha sido implantado, o evitando elementos en los que la implantación no es viable (debido a condiciones médicas preexistentes, cicatrices u otras razones similares), por ejemplo. Estas combinaciones de elementos representan formas que el sistema de planificación del tratamiento no proporciona necesariamente en forma de plantillas. Sin embargo, un elemento superpuesto puede dar como resultado la generación, por ejemplo, de sitios de implantación propuestos que tienen valores interpolados incorrectos. Para facilitar la explicación, los elementos de pelo identificados en la figura 8, se han reproducido esquemáticamente en las Figuras 9a y 9b. Las figuras 9a y 9b ilustran tres elementos 810, 820 y 830 de pelo, que pueden, por ejemplo, haberse generado de manera que llenen un área calva del cuero cabelludo de un paciente, teniendo los elementos que la rodean pelo ya existente. Como se ilustra más claramente en la figura 9a, estos tres elementos del cabello se superponen entre sí en diversos grados. Los elementos 810 y 820 de pelo se solapan o se cruzan en el área denotada como 915; los elementos 820 y 830 de pelo se solapan o se cruzan en el área 925; y los elementos 830 y 810 de pelo se solapan o intersecan en el área 935. Finalmente, los tres elementos 810, 820 y 830 de pelo se solapan o intersecan en el área 945.

Supongamos que el usuario indicara que los sitios de implantación propuestos en el elemento 820 de pelo se basarían en los parámetros de puntos de control en el contorno de, y dentro de, los elementos 820 y 830 de pelo. Basándose en la explicación dada anteriormente, cuando se genera un sitio 960 de implantación propuesto usando técnicas de interpolación, la técnica de interpolación tendrá en cuenta los parámetros de los puntos de control en los contornos de los elementos 820 y 830 de pelo, y de puntos de control dentro de esos elementos, tales como el punto 980 de control, como se ilustra. Sin embargo, el punto 980 de control cae dentro de ambos elementos 820 y 830, y como tal se considerará dos veces cuando se determina el valor interpolado del sitio de implantación propuesto 960. Se considerará una vez cuando se tengan en cuenta los valores de los puntos de control en el contorno y en el elemento 820, y nuevamente cuando se tengan en cuenta los valores de los puntos de control en el contorno y en el elemento 830. Si el valor del parámetro generado fuera, por ejemplo, densidad, será evidente que el valor interpolado del sitio de implantación propuesto será, por lo tanto, incorrecto (potencialmente con una densidad dos veces mayor), porque el punto de control 980 se habrá considerado dos veces. Para el caso del usuario que solicita que los sitios de implantación propuestos en el elemento 820 de pelo se basen en los parámetros de los puntos de control en el contorno de los elementos 820, 830 y 810 de pelo, y dentro de ellos, será evidente que algunos puntos de control se pueden considerar hasta tres veces, si tales puntos de control se encuentran en los tres elementos. El procesamiento del valor interpolado de esta manera puede conducir a un plan de sitio propuesto en el que los elementos de superposición influyen en el valor interpolado del sitio, dando un valor incorrecto, distorsionado o indeseable. Esto es particularmente evidente si la densidad es el parámetro de consideración. El plan de tratamiento en esta situación puede proponer un valor de densidad más alta para el sitio 960 de implantación propuesto del que se esperaría, lo que podría conducir a un trasplante de cabello no tan natural.

Para abordar este problema, la presente aplicación propone una solución. Por ejemplo, cada uno de los elementos 810, 820 y 830 capilares se pueden dividir en segmentos múltiples en función de dónde se cruzan entre sí, y utilice un operador booleano en esos segmentos para reconstruir el plano inmobiliario o de piso de la combinación de los elementos 810, 820 y 830 sin la superposición. Esto se ilustra en la figura 9b, en la que se identifican los tres elementos 810, 820 y 830, el elemento 810 es igual a la suma de los segmentos A, D, E y G; elemento 820 igual a la suma de los segmentos B, E, F y G; y el elemento 830 es igual a la suma de los segmentos C, D, F y G. Si se desea que se propongan sitios de implantación en los tres elementos 810, 820 y 830 de pelo, se puede utilizar un operador OR, lo que permite proponer valores interpolados dentro de los elementos $A+B+C+D+E+F+G$. Sin embargo, si todo el cabello deseado ya ha sido implantado en el elemento 810, se puede usar un operador de diferencia (DIFF) para excluir esa área, proporcionando así que los valores interpolados se propongan solo dentro de los elementos $B+C+F$. Será evidente para el usuario que este enfoque facilita un plan de implantación de sitio propuesto en el que los elementos de superposición no influyen excesivamente en el valor interpolado de los sitios de implantación.

En algunas situaciones, una región de superposición puede ser cien por ciento, como se ilustra en la figura 10 en la que el elemento 1030 se solapa completamente con otro elemento que se extiende más allá del perímetro del elemento 830. Este tipo de situación puede resultar, por ejemplo, cuando el usuario ya ha implantado todos los pelos deseados en el elemento 1030 denotado como, y ahora desea extender la cobertura al elemento 1040 externo denotado por. De nuevo se puede usar un operador de diferencia de modo que los valores interpolados solo se propongan para el elemento 1040 denotado y no para el elemento 1030. De esta manera, no se implantan más pelos en el elemento 1030, solo en el elemento 1040, en el que aún no se han implantado los cabellos. Por lo tanto, es posible construir cualquier forma para el trasplante de cabello, abriendo las oportunidades para el arte del cabello, similar a los tatuajes, por ejemplo.

Cabe señalar que, aunque los puntos que definen los límites del parche capilar o los puntos de contorno, son todos puntos 3-dimensionales (3-D) en un sistema de coordenadas 3-D, para calcular algunas de las fórmulas indicadas anteriormente, y para calcular, por ejemplo, la intersección de polígono/elemento, en una realización, el sistema puede proyectar primero esos puntos de contorno 3-D en un plano bidimensional primario (2-D) reconstruido usando el análisis de componentes principales, una técnica bien conocida por los expertos en la materia. Esos polígonos 2-D proyectados que tienen coordenadas en un sistema de coordenadas 2-D, se pueden usar para el cálculo de intersecciones. Una vez que se ha completado el cálculo, si es necesario, las coordenadas 2-D se pueden proyectar de nuevo al sistema de coordenadas tridimensionales.

Se apreciará que, aunque la planificación de los sitios de implantación se ha descrito anteriormente, los procedimientos se pueden aplicar igualmente a los sitios de recolección. El médico puede identificar los elementos de recolección a partir de los cuales se donará el cabello, junto con los puntos de control asociados, y solicitar que, por ejemplo, reduzca el número de pelos en ese elemento identificado, reduciendo la cantidad de pelos de tal manera que la densidad se interpola para ser, por ejemplo, el 80% del valor de densidad previamente donado. Las otras implementaciones descritas a lo largo de esta aplicación se pueden aplicar igualmente a la recolección. Además, los elementos superpuestos también pueden tomarse en consideración con respecto a otros procedimientos, como los mencionados anteriormente y otros que pueden beneficiarse de los sistemas y métodos descritos en la presente solicitud. Por ejemplo, un médico puede utilizar esta técnica para asegurarse de que las inyecciones cosméticas o los rellenos no se apliquen demasiado juntos, asegurando que las regiones en las que se extienden las inyecciones no se superpongan. En otro ejemplo, un médico puede utilizar esta técnica para garantizar que las aplicaciones láser no se superpongan.

Cuando la línea 1110 frontal del pelo y un elemento 1120 de pelo se colocan cerca uno del otro (véase la figura 11), es concebible que el sistema de planificación del tratamiento solo pueda proponer sitios dentro del elemento 1120 de pelo, y como tal habrá un espacio visible entre la línea 1110 del pelo y el límite del elemento 1120 del cabello. Por lo tanto, de acuerdo con otro aspecto de la presente solicitud, el sistema de planificación del tratamiento asegura que no haya espacio entre ellos, o al menos cualquier espacio que exista es de apariencia natural y se ajusta a la apariencia física general del cabello deseado. Para hacer esto, los puntos de control entre elementos vecinos o adyacentes son compartidos. Es decir, los puntos de control a lo largo de la línea 1110 del pelo y el límite del elemento 1120 de pelo que está adyacente a la línea 1110 del pelo son compartidos. Los puntos de enlace capilar se introducen para este propósito. Para vincular el límite de un elemento de pelo a otro, el usuario puede arrastrar un punto de control en el límite o el perímetro de un elemento de pelo y acoplarlo en un punto de control en el límite o perímetro del otro elemento de pelo para "vincularlos". La desconexión, o el "desemparejamiento" de dos puntos de control se puede lograr utilizando, por ejemplo, otro botón del mouse (clic derecho) y arrastrando para "separar" los puntos de control vinculados. Los puntos de enlace del cabello se pueden aplicar a líneas de cabello, parches capilares o la región entre diferentes elementos del cabello. En el ejemplo ilustrado en la figura 11, hay tres puntos de control compartidos entre la línea delantera 1110 y el elemento 1120 de pelo conectado (por ejemplo, parche para el pelo), a saber, puntos 1130, 1140 y 1150 de control. Estos puntos de control unen la línea 1110 del pelo con el parche 1120. De esta manera, cuando se actualiza uno de los puntos de control compartidos 1130, 1140 u 1150 (por ejemplo, actualizando su posición, dirección, densidad, etc.), también se actualiza el punto de control vinculado en el otro elemento, el parche 1120. Es decir, si se mueve la posición de la línea 1110 del pelo, el sistema actualiza automáticamente la posición del límite del parche 1120 para el pelo adyacente a la línea 1110 del pelo. De esta manera, el usuario no tiene la tarea adicional de cambiar por separado el parche 1120, y puede concentrarse en el proceso de planificación. Esto también asegurará que no haya espacio y en su lugar hay una transición suave entre pelos cercanos que pertenecen a diferentes elementos del cabello. La vinculación de puntos, líneas, parches o regiones se puede aplicar igualmente a la vinculación de estos elementos con respecto a cualquier otro procedimiento, como diversos procedimientos cosméticos y dermatológicos. Por ejemplo, al contornear los ojos, el médico puede unir puntos de control en una línea de eliminación de arrugas con puntos de control en la periferia de los ojos, de modo que cualquier cambio realizado con respecto a la línea de eliminación de arrugas se compartirá y se actualizará posteriormente, ayudando así en el plan de contorno.

Uno de los factores que contribuyen al resultado exitoso de un procedimiento de trasplante capilar es la apariencia natural de la línea frontal del cabello. De acuerdo con otro aspecto de la aplicación actual, se proporcionan métodos para generar una línea de cabello de aspecto natural con base en puntos de control, y las técnicas de modulación e interpolación. Estos métodos se pueden ejecutar de manera sustancialmente automática o con ayuda del usuario.

La figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso 1200 de ejemplo para la generación de una línea de implantación propuesta que comprende sitios de implantación propuestos. El proceso 1200 se lleva a cabo mediante un

dispositivo, tal como un módulo de implementación de la unidad de procesamiento descrita anteriormente, y puede implementarse en software, firmware, hardware o una combinación de los mismos. El proceso 1200 se describirá en referencia a las figuras 12 y 13.

5 Inicialmente, en la etapa 1210, los puntos de control se identifican en el contorno de una línea 1330 base del pelo (como se ve en la figura 13), típicamente identificados en lo que debe ser la primera fila o curva del cabello en la cabeza del paciente, en la dirección de la cara del paciente, formando una curva fina. Estos puntos de control pueden ser identificados por el usuario a través de la interfaz de usuario, o generados a partir de un dibujo a mano alzada, y/o propuestos y generados automáticamente por el sistema de planificación de tratamiento. Con fines de explicación, la figura 13 representa dichos puntos 1310a, 1310b, 1310c, 1310d y 1310e de control inicial. Estos puntos de control
10 iniciales 1310a, 1310b, 1310c, 1310d y 1210e se usan para generar una línea de base de cabello 1330 mediante cualquier número de técnicas conocidas en las que se pueden generar curvas en el campo del diseño asistido por ordenador, por ejemplo, mediante la interpolación mediante un algoritmo de interpolación de alto orden, como la interpolación de Bezier o la interpolación cúbica. De esta manera, una curva con forma arbitraria, basada en un número específico de puntos de control, en este ejemplo, los cinco puntos 1310a, 1310b, 1310c, 1310d y 1310e definirán el
15 contorno de la línea del cabello base 1330. Una vez que se ha propuesto la línea de implantación inicial, el usuario puede ajustar la ubicación y/o la orientación de los puntos de control de forma interactiva hasta que la línea 1330 de base resultante sea la curva deseada que busca el usuario. Además, el usuario puede agregar puntos de control adicionales, y/o ajustar la densidad o el espaciado entre los puntos de control, o agregar un factor de "aleatoriedad", por ejemplo, como se describe en la patente de los Estados Unidos 8,104,480.

20 Una vez que la línea 1330 del pelo base se ha generado para satisfacción inicial del usuario, en la etapa 1220, la ubicación y dirección respectivas de las unidades foliculares a implantar (1320a, 1320b, 1320c, 1320d, etc.) a lo largo de esta línea 1330 base del pelo se determinan automáticamente mediante el módulo de planificación, a lo largo de la curva, para completar el diseño de la línea 1330 base. Los sitios de implantación propuestos pueden generarse en función de los parámetros de densidad, espaciado y/o aleatoriedad proporcionados por el usuario a través de la interfaz
25 de usuario. Una vez más, si los sitios de implantación propuestos no son satisfactorios para el usuario, el usuario puede manipular los puntos de control para facilitar los cambios deseados en los sitios de implantación interpolados de la línea 1330 capilar base. En algunas implementaciones, los sitios interpolados de la línea base pueden crearse sin generar primero la curva del cabello en la que residirán los sitios interpolados.

30 Cuando se diseña la línea frontal o la línea del cabello, un médico generalmente usa más de una fila de cabello para definirlo. Por lo tanto, el diseño de una línea final de cabello puede comprender el diseño de dos o más filas de cabello. En la etapa 1230 del proceso 1200 para la generación de una línea final propuesta, el usuario puede proporcionar a través de la interfaz de usuario el número de filas a interpolar y la modulación (es decir, cómo se reduce la cantidad de pelos en cada fila posterior) desde la línea 1330 de implantación del pelo. Como se ilustra en la figura 13, el usuario en este caso ha solicitado la generación de dos líneas adicionales y una modulación de aproximadamente el 70%. De esta
35 manera, la línea 1340 capilar se genera a una distancia predeterminada (proporcionada por el usuario a través de la interfaz de usuario, o propuesta automáticamente por el módulo de planificación) desde la línea 1330 base, que comprende aproximadamente 30% menos sitios de implantación propuestos que la línea 1330 capilar. También se genera la línea 1350 del cabello que tiene aproximadamente el 70% del número de sitios de implantación propuestos de la línea 1340 del pelo.

40 Antes de que se proponga el diseño definitivo, el módulo de planificación puede ejecutar adicionalmente pasos adicionales para ayudar en la creación de un nacimiento natural. En la etapa 1250, se puede calcular el espaciado entre dos sitios de implantación adyacentes, por ejemplo, una separación entre dos pelos contiguos en cada una de las filas 1330, 1340 y 1350, así como la separación entre los pelos situados en las filas contiguas (por ejemplo, las filas 1330 y 1340, o 1340 y 1350). Si los sitios de implantación propuestos están más cerca que el espacio identificado
45 proporcionado por el usuario anteriormente, la ubicación de los sitios de implantación propuestos se puede ajustar automáticamente para corregir esto. Un factor 1260 de aleatoriedad se puede aplicar adicionalmente. Habiendo ejecutado estos pasos adicionales, el resultado es una línea final que tiene un número predeterminado de filas de cabello, modulación y factor de aleatoriedad.

50 Otro de los factores que contribuyen al resultado exitoso de un procedimiento de trasplante capilar es la apariencia natural de la densidad del cabello en la cabeza del paciente. De acuerdo con otro aspecto de la aplicación actual, se proporcionan métodos (y sistemas procesadores correspondientes) para generar una densidad interpolada de aspecto natural de sitios de implantación basados en puntos de control. Estos métodos se pueden ejecutar de manera sustancialmente automática o con ayuda del usuario.

55 La figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso 1400 de ejemplo para la generación de sitios de implantación internos basándose en la interpolación de densidad de acuerdo con otro aspecto de la aplicación actual. El proceso 1400 se lleva a cabo mediante un dispositivo, tal como un módulo de implementación de la unidad de procesamiento descrita anteriormente, y puede implementarse en software, firmware, hardware o una combinación de los mismos. El proceso 1400, en lugar de intentar interpolar sitios de implantación interna en un sistema de coordenadas tridimensionales, proyecta las coordenadas tridimensionales de un elemento de pelo en un sistema de coordenadas
60 bidimensional y posteriormente interpola el sitio de implantación interno en el sistema de coordenadas bidimensional.

Los sitios de implantación interna interpolados se vuelven a proyectar en el sistema de coordenadas tridimensionales, en el que se representan en el modelo tridimensional del paciente. El ejemplo del proceso propuesto se describirá en referencia a las figuras 14, 15 y 16.

5 Una de las etapas 1410 iniciales en el proceso 1400 es determinar la separación entre los sitios de implantación propuestos para el elemento de pelo (por ejemplo, parche para el cabello) para los que se van a generar sitios de implantación interna. Existen numerosas formas de determinar esto, una de las cuales, según la presente aplicación, es convertir información de densidad (que el usuario puede proporcionar a través de la interfaz de usuario), o calculado por una unidad de procesamiento, por ejemplo) a información de espaciado. Por ejemplo, suponiendo que el patrón de pelo se simule mediante triángulos, una posible fórmula para la conversión de densidad a información de espaciado podría ser:

$$\text{Espaciado} = \sqrt{\frac{200}{\text{Densidad} * \sqrt{3}}}$$

15 donde el espaciado de los sitios de implantación adyacentes desde un sitio de implantación se basa en la densidad del sitio de implantación al que están adyacentes. Se apreciará que se pueden utilizar otras formulaciones y se pueden adaptar a situaciones específicas. Por ejemplo, uno puede preferir simular un patrón de cabello por cuadrados en lugar de triángulos, por lo que es necesario modificar la fórmula para reflejar esta información.

20 Habiendo determinado la información de espaciado, se identifica un elemento de pelo en forma de un parche para el cabello. Este parche capilar comprende una curva límite exterior, que puede definirse por uno o más puntos de contorno. El parche para el cabello puede comprender formas convencionales tales como formas circulares, ovaladas, poligonales u otras formas similares, o puede personalizarse. Cualquiera que sea la forma, se pretende que este parche para el cabello identificado esté en la cabeza del paciente, y como tal no comprenda una superficie plana, o una superficie bidimensional (2D), sino que comprenderá un elemento tridimensional (3D). En esta implementación particular de este aspecto de la aplicación actual, la etapa 1420 comprende proyectar los puntos de contorno tridimensionales que definen la curva de límite exterior en un sistema de coordenadas 3D, sobre una imagen 2D en un sistema de coordenadas 2D. Los expertos en la técnica conocen bien los métodos para ejecutar esta etapa y no se describirán aquí. Para facilitar la explicación, se usará la curva de límite resultante 1510 y los puntos de contorno 1520a, 1520b, 1520c y 1520d en el sistema de coordenadas 2D, como se representa en la figura 15. En una implementación, los puntos de contorno pueden comprender adicionalmente puntos de control, cuyo propósito se describirá a continuación.

30 La etapa 1430 comprende la generación de sitios de implantación candidatos en el sistema de coordenadas 2D. Una vez más, hay numerosas implementaciones para lograr esta tarea que serán evidentes para los expertos en la materia. Una de ellas es identificar un eje 1530 primario, y moverse en una dirección alejada del eje 1530 primario, a través del área de implantación interna propuesta hacia la porción de la curva 1510 límite en el otro lado del área de implantación interna (en la figura 15, identificado como 1540), crear o generar sitios 1550 candidatos que se representan en la figura 15 como características circulares blancas. El eje 1530 principal es un eje arbitrario desde el que se puede proponer una dirección. En una realización, el eje primario está posicionado a lo largo o paralelo a la dimensión más larga del parche capilar, requiriendo así menos "líneas" de pelos que se propongan en el área de implantación interna definida por la curva 1510 límite, y que potencialmente requieran menos tiempo de procesamiento. Los sitios 1550 candidatos representan un sitio propuesto donde se podría implantar una unidad folicular. La generación de sitios de implantación candidatos en el sistema de coordenadas 2D puede basarse en un patrón de sitios simulados por cuadrados, como se ilustra en la figura 15; sin embargo, la colocación triangular o cualquier otro patrón de simulación está dentro del alcance de esta aplicación.

45 Habiendo generado sitios de implantación candidatos en el sistema de coordenadas 2D, el módulo de planificación utiliza la formulación que determina el espacio entre los sitios de implantación propuestos para el parche capilar. Sin embargo, para hacer esto, se pueden requerir puntos de control. Estos puntos de control pueden ser puntos de control discretos, o pueden comprender, por ejemplo, los puntos de contorno como se indicó anteriormente. En este ejemplo particular, supongamos que los puntos 1520a, 1520b, 1520c y 1520d de contorno sirven adicionalmente como puntos de control, con puntos 1520a y 1520b de control que tienen valores de densidad asociados, por ejemplo 40 pelos por cm² y puntos de control 1520c y 1520d que tienen valores de densidad asociados de, por ejemplo, 20 pelos por cm². A lo largo del eje 1530 principal, los valores de densidad interpolados para cada uno de los sitios de implantación propuestos variarán por lo tanto de 40 cabellos por cm² a 1520 a 20 cabellos por cm² a 1520d, lo que da como resultado un valor de espaciado interpolado (paso 1440), ese es el valor de espaciado entre los pelos que son más pequeños en el extremo más cercano a 1520a (densidad más alta), y más grande en el extremo más cercano a 1520d (densidad más baja). Cada uno de los sitios de implantación candidatos tiene un valor de densidad interpolado asociado con él, y, por lo tanto, tiene un valor de espaciado también asociado con él, el valor de espaciado que representa el espaciado mínimo requerido para lograr el valor de interpolación de densidad deseado.

Con referencia a la figura 15, con base en la información derivada del punto 1520a de control, se puede determinar que el sitio 1560a de implantación candidato (mostrado como una forma circular negra) es el sitio candidato más próximo que cumple los criterios del valor de espaciamento para lograr el valor interpolado deseado. Los otros sitios candidatos entre el punto de control y el sitio de implantación candidato 1560a son demasiado cercanos. Habiendo establecido que la implantación candidata situada 1560a está disponible para la implantación, se dibuja un círculo 1570a virtual alrededor del centro 1560a, determinándose el diámetro del círculo mediante la formulación del valor de espaciado para este sitio particular, teniendo un valor de densidad asociado que ha sido determinado por interpolación. La etapa (1450) ayuda a identificar aquellos sitios candidatos que no están disponibles para la implantación. Los sitios candidatos que se encuentran dentro del círculo 1570a se consideran demasiado cercanos al sitio 1560a de implantación propuesto. El módulo de planificación está configurado para ejecutar operaciones que identifican el próximo sitio de implantación candidato disponible, en la misma fila que el sitio 1560a de implantación propuesto, que es sustancialmente paralelo al eje primario 1530 y dentro de la curva 1510 límite de la región capilar. Como se puede ver en la figura 15, este es el sitio de implantación candidato 1560b, que ahora se convierte en un sitio de implantación propuesto, donde se pretende implantar una unidad folicular. Como antes, este sitio de implantación propuesto 1560b también tiene un valor de espaciamento asociado con él, calculado a partir de la fórmula indicada anteriormente, con base en el valor de densidad asociado que se ha determinado por interpolación. Sin embargo, como se indica en la figura 15, el valor de espaciado es mayor que el asociado con el sitio de implantación propuesto 1560a, y como puede verse, un círculo virtual dibujado alrededor del sitio 1560b de implantación propuesto tiene un diámetro que es mayor que el dibujado para el sitio 1560a de implantación propuesto. Una vez más, el módulo de planificación está configurado para ejecutar operaciones que identifican el próximo sitio de implantación candidato disponible, en la misma fila que los sitios 1560a de implantación y 1560b, sustancialmente paralelos al eje 1530 primario y dentro de la curva 1510 límite de la región capilar. Como se puede ver en la figura 15, este es el sitio 1560b de implantación candidato, que ahora se convierte en un sitio de implantación propuesto, donde se pretende implantar una unidad folicular. Este procedimiento se repite a lo largo de la fila, y luego el procedimiento se inicia de nuevo cuando se identifica la siguiente fila de sitios de implantación propuestos, en una dirección que se mueve sustancialmente paralela a, pero lejos del eje 1530 primario, hacia la parte opuesta de la curva 1510 límite. De esta manera, todos los sitios de implantación propuestos se identifican y generan (etapa 1460). A partir de la descripción dada anteriormente, será evidente que habrá más sitios de implantación identificados y generados hacia el extremo de alta densidad del parche para el cabello, el extremo donde se encuentra el punto de control 1520a. Se habrán identificado y generado menos sitios de implantación propuestos para el extremo de baja densidad del parche para el cabello, el extremo donde se encuentra el punto 1520d de control.

El proceso se repite, interpolando los valores de espaciamento, determinando ubicaciones de sitios no disponibles y generando ubicaciones de sitios de implantación propuestas hasta que todo el parche de pelo se haya rellenado de esta manera. Los resultados de dicho proceso se ilustran en la figura 16, en la que los puntos 1620 de contorno, que también sirven como puntos de control en la curva 1610 límite, proporcionan la generación de los sitios de implantación internos propuestos.

Una vez que se ha completado el proceso, en la etapa 1470, los puntos de contorno 2D que definieron la curva de límite exterior en un sistema de coordenadas 2D, y todas las coordenadas 2D de los sitios de implantación propuestos (por ejemplo, los sitios 1560a, 1560b, 1560c y 1560d de implantación propuestos se proyectan de nuevo al sistema de coordenadas 3D. Una vez más, los métodos para ejecutar esta etapa son bien conocidos por los expertos en la técnica y no se describirán aquí. De esta manera, se proporciona la generación de sitios de implantación interna basados en la interpolación de densidad.

Por lo general, en su área de experiencia, los médicos tienden a saber, o ya tienen una idea, de una mirada que están tratando de lograr para su paciente. Este conocimiento puede basarse en el paciente actual, otros pacientes que ha tratado, fotografías de otros u otra información. Por lo tanto, en lugar de intentar seleccionar entre un número limitado de plantillas, tener que recorrer un gran número de plantillas o hacer que el procesador genere automáticamente elementos de pelo, el usuario puede preferir generar manualmente los elementos de pelo deseados, ya sea una línea 1710 de pelo frontal (o línea de pelo) como se ilustra en la figura 17a, o una curva de límite de pelo en forma de un parche 1810 de pelo, como se ilustra en la figura 18a. Un ejemplo de una metodología que puede utilizarse para permitir que el médico proporcione un plan de tratamiento tan original y personalizado se ilustra en la figura 20 mediante un diagrama de flujo. La creación manual de tales elementos de pelo propuestos se puede lograr de numerosas maneras, tales como, por ejemplo, a mano libre, utilizando, por ejemplo, un lápiz óptico, dispositivo similar a un bolígrafo o incluso un dedo en combinación con una pantalla táctil, placa de captura de imagen, u otro dispositivo similar. Alternativamente, el usuario puede utilizar varios clics de un dispositivo de entrada tal como un mouse en combinación con movimientos de arrastre para dibujar el elemento de pelo deseado. Sin embargo, una vez que el sistema ha mostrado un modelo 3D de la superficie del cuerpo para el usuario (paso 2005 de la figura 20), el usuario puede proporcionar a través de un dispositivo de entrada, entrada de usuario bidimensional (2-D) (en forma de un dibujo o una traza) de un elemento de pelo propuesto a partir de un dibujo a mano alzada. Este elemento de pelo propuesto puede dibujarse en o rodeando una región calva de la cabeza del paciente, o superponerse a una región con uno o más injertos de cabello existentes en el mismo. Una vez que el sistema (por ejemplo, un procesador) ha recibido esta información (etapa 2010 de la figura 20), en algunas realizaciones de la presente aplicación, puede utilizar uno o más algoritmos de reconocimiento de forma/línea para transformar cada línea dibujada a mano, círculo o elipse, etc. en una forma geométrica uniforme. El procesador puede opcionalmente en esta etapa eliminar el ruido, incluido el ruido de oscilaciones o el temblor causado

5 por un movimiento inestable de la mano, para hacer que las líneas aparezcan más definidas, por medio de uno o más módulos de suavizado. Los métodos para ejecutar esta etapa particular son bien conocidos por los expertos en la técnica y no se describirán aquí. Debe observarse que, aunque una etapa particular identificada en este documento puede ser generalmente conocida por los expertos en la técnica, los métodos propuestos en su conjunto descritos en este documento son nuevos e inventivos. También debe observarse que la combinación de etapas de los métodos de la presente solicitud se puede realizar y/o implementar en cualquier orden apropiado.

10 Después de registrar la entrada o traza del usuario (por ejemplo, dibujo a mano alzada) del dispositivo de entrada, el procesador convierte la traza en 2-D o la entrada del usuario en ubicaciones en el modelo 3-D del paciente, en el sistema de coordenadas 3-D, y después de generar una traza 3-D, se muestra al usuario (paso 2015 de la figura 20). Se apreciará que la generación de la traza tridimensional puede no parecer óptima para el usuario, tal vez no abarque una región tan grande en el área 3-D como se esperaba, en este tipo de situaciones, la modificación de la traza 2-D, y la posterior modificación automática de la traza tridimensional puede ser deseable. No importa cuántas modificaciones se requieran, el usuario puede proporcionar información en dos dimensiones y tener coordenadas de una línea o curva en tres dimensiones creadas o identificadas por el sistema. Además, el usuario solo puede proporcionar esta entrada en una vista ortogonal, y no necesariamente tiene que proporcionar información en más de una vista para obtener el resultado deseado. Como se discutió anteriormente, una técnica mediante la cual esto puede lograrse es mediante la proyección de las ubicaciones bidimensionales en el modelo 3-D, y el cálculo de los puntos de intersección de las mismas, aunque otros métodos para lograr esto serán conocidos por los expertos en la materia. El procesador puede opcionalmente en esta etapa eliminar el ruido.

20 Para indicar correctamente el elemento de pelo propuesto en el modelo tridimensional del paciente, en un aspecto de la divulgación, el procesador puede determinar si la entrada recibida representa una curva abierta o un ciclo cerrado (paso 2015 de la figura 20). Este paso puede realizarse en el plano 2-D en función de la entrada de usuario 2-D o en el sistema de coordenadas 3-D. Una forma en que esto se puede lograr es mediante la comparación del primer y último punto en la traza. Suponiendo que el usuario proporciona un único movimiento de mano sustancialmente ininterrumpido para crear el elemento de pelo propuesto en 2D, si el primer 1715 y los últimos puntos 1720 del trazado están separados por más de una distancia predeterminada, como se ilustra en la figura 17a, se puede suponer que el elemento de pelo propuesto está destinado a representar una línea de cabello. Por otro lado, será evidente que, si el primer 1815 y los últimos 1820 puntos de la traza están separados por menos de una distancia predeterminada, o sustancialmente igual, como se ilustra en la figura 18a, se puede suponer que el elemento de pelo propuesto está destinado a representar un ciclo cerrado o parche de pelo. El procesador genera y muestra el elemento de pelo propuesto en forma de una línea de cabello o parche para el cabello, según corresponda. En el caso de que el movimiento de la mano para crear el elemento de pelo propuesto en 2-D comprenda un movimiento de mano interrumpido o que comprenda segmentos múltiples, creando así una línea discontinua o un límite roto, el procesador puede estar configurado para determinar si la distancia entre los puntos adyacentes a lo largo de la curva está a más de una distancia predeterminada uno del otro, y de ese modo determinar si la línea discontinua está destinada a ser una línea completa o no. En cualquier caso, si el elemento de pelo propuesto generado y mostrado en el modelo 3-D es incorrecto, el usuario puede ajustarlo en consecuencia.

40 Habiendo generado automáticamente el elemento de pelo propuesto en el modelo 3-D (etapa 2020), el procesador genera automáticamente una pluralidad de puntos de control basándose en el elemento de pelo propuesto. Aunque se describe un paso que se lleva a cabo en el modelo 3-D, se apreciará que este paso se puede llevar a cabo en el modelo 2-D o 3-D. Hay muchas formas en que esto se puede lograr, por ejemplo, mediante el uso de un algoritmo de aproximación de curvas 2-D o 3-D, encontrar una geometría de polígono que proporcione el mejor ajuste a la curva 2-D o 3-D usando la menor cantidad de puntos posible. Será evidente que la utilización de esta técnica puede permitir una mayor entrada del usuario, especificando qué tan de cerca debe coincidir el polígono con la entrada del usuario, y permitiendo así personalizar el tamaño de la desviación de la geometría del polígono de la curva 2-D o 3-D. Una vez que se ha generado la geometría del polígono que mejor se ajusta, el procesador puede identificar los puntos característicos clave, es decir, los puntos que cuando se conectan forman la geometría del polígono y se basan en los puntos característicos clave identificados, generar y visualizar una pluralidad de puntos 1725, 1825 de control, (paso 2025). Los puntos de característica y los puntos de control pueden coincidir o no. Opcionalmente, se pueden generar puntos 1730, 1830 de control adicionales con base en los puntos 1725, 1825 de control generados, usando, por ejemplo, técnicas/algoritmos de interpolación. Tales técnicas de interpolación incluyen, pero no están limitadas a, por ejemplo, la representación de Bezier y los algoritmos Cardinal Spline. Estos puntos 1725, 1730, 1825, 1830 de control tienen cada uno un valor de ubicación correspondiente asociado a ellos, que proporciona la ubicación 3-D de una pluralidad de puntos de control, por ejemplo, para una línea del cabello (tal como una línea frontal del cabello) es deseable definir al menos dos puntos de control, y para un parche para el cabello es deseable definir al menos tres puntos de control. Los valores de orientación asociados con cada uno de los puntos de control respectivos pueden ser proporcionados por el usuario. Los valores de orientación pueden proporcionarse a cada punto de control individual, a todos, o a un subconjunto de los puntos de control correspondientes a un elemento de pelo propuesto. Alternativamente, el procesador puede asignar un valor de orientación a cada uno de los puntos de control.

60 En otro aspecto de la aplicación, el procesador puede determinar automáticamente una orientación inicial asociada con cada uno de los puntos de control respectivos. Esta determinación automática puede tener en cuenta al menos una o más características del modelo 3-D. Por ejemplo, la orientación puede tomar en consideración dónde la nariz, los ojos

y/o los oídos están ubicados en el modelo tridimensional del paciente. Alternativamente, o adicionalmente, la orientación inicial puede ser un ángulo predeterminado, por ejemplo, las orientaciones iniciales se pueden asignar de manera que estén dirigidas en una dirección alejada de la nariz del paciente, y sigan una dirección por la parte posterior del paciente. En otro aspecto de la aplicación, la orientación inicial asociada con los puntos de control respectivos puede basarse, al menos en parte, en una o más unidades foliculares existentes. Como en las realizaciones anteriores, es posible la modificación de cada uno o cualquiera de los valores de orientación iniciales.

Con el valor de localización y orientación de cada punto de control, el procesador puede generar y visualizar automáticamente sitios de implantación de unidades foliculares propuestos o sitios de recolección propuestos (etapa 2030), basándose en esta pluralidad de puntos de control. Como resultado, se generan sitios de implantación o sitios de recolección, que están ubicados dentro de un área perfilada por la curva 1810 de límite de pelo, o sustancialmente a lo largo de la línea 1710 de pelo. Como se ilustra en las figuras 17b y 18b, el sistema y/o procesador pueden configurarse adicionalmente para generar y mostrar al usuario las unidades foliculares, folículos o injertos 1750, 1850 propuestos. Si se genera una visualización de este tipo, el procesador o el usuario puede predeterminar la longitud de las unidades foliculares, folículos o injertos propuestos, o puede ser introducida por el usuario. Tal longitud se puede modificar para crear un aspecto deseado.

El uso de tal dibujo manual o a mano alzada puede usarse adicionalmente para guiar o influenciar la generación de sitios de recolección propuestos, sitios de implantación de unidades foliculares, guiando o influenciando su ubicación, orientación y/o densidad, por ejemplo. Este aspecto de la solicitud se describe en relación con las figuras 19a y 19b. La figura 19a ilustra un dibujo 2D a mano alzada, dibujado a mano, de una curva 1905 de límite de pelo, que define un parche de pelo. Si un médico desea que se cree un espiral de pelo, en lugar de confiar en que el sistema informático genere un centro de espiral de pelo en un lugar conveniente, o confiando en sí mismo para ubicar adecuadamente un centro de espiral de pelo, él/ella puede optar por proporcionar una entrada de usuario 2D adicional, identificando, por ejemplo, varias curvas 1910 que juntas transmiten un patrón, plan o guía general que le gustaría que los sitios de implantación folicular propuestos sigan sustancialmente. De esta manera, el usuario no necesariamente necesita identificar el centro de la espiral del cabello, pero con la ayuda de la entrada del usuario adicional, las curvas 1910, es capaz de definir una ubicación en la que se puede ubicar dicho centro de espiral de pelo. El médico también puede indicar áreas de mayor o menor desviación en la orientación. Como se ilustra en las figuras 19a y 19b, se puede ver que el médico ha dibujado los extremos de las curvas 1915 más cercanas al "centro de la espiral cabello" tales que cambian de orientación más rápidamente por unidad de área perfilada por la curva 1905 de límite de pelo que aquellos más lejos del "centro 1915 de la espiral de pelo". Se apreciará que la entrada de usuario adicional puede comprender una o más curvas, y la una o más curvas pueden comprender líneas sustancialmente rectas, el término curva en este contexto se considera que cubre todas las variaciones.

Como se describió anteriormente, el sistema (incluido el procesador) puede utilizar uno o más algoritmos de reconocimiento de forma/línea que pueden transformar cada línea o curva dibujada a mano adicionalmente, etc. en una línea o curva geométrica uniforme. El procesador puede, opcionalmente, en esta etapa eliminar el ruido, incluido el ruido de los tambaleos causados por un movimiento inestable de la mano, para hacer que las curvas y líneas se vean más definidas, por medio de uno o más módulos de suavizado. Después de registrar la entrada del usuario o el trazado del dispositivo de entrada, el procesador convierte el trazo en 2-D o la entrada del usuario en ubicaciones en el modelo 3-D del paciente, en el sistema de coordenadas 3-D. Como también se describió anteriormente, el procesador puede opcionalmente permitir la medicación y/o eliminar el ruido en esta etapa.

Habiendo generado la curva 1905 de límite de pelo y las curvas 1910 adicionales en el modelo 3-D, los puntos de control son generados automáticamente por el procesador con base en la curva 1905 de límite de pelo propuesta, y cada una de las curvas 1910. Hay varias formas en que esto se puede lograr. Como se describió anteriormente, se puede usar un algoritmo de aproximación de curva 3-D para encontrar una geometría de polígono que proporcione el mejor ajuste a la curva 1905 de límite de pelo 3-D usando algunos puntos como sea posible. Con respecto a las curvas 1910, en el proceso de generar las curvas de pelo propuestas en el modelo 3-D, el procesador habría identificado cada una de estas curvas como curvas abiertas, o líneas, en lugar de bucles cerrados, y como tal, cada uno tendría dos extremos. Con referencia a las figuras 19a y 19b, se puede ver que la curva 1910a tiene un primer extremo 1920 y un segundo extremo 1925. Usando, por ejemplo, un algoritmo de aproximación de curva 3-D, el procesador está configurado para encontrar una geometría de polígono que proporcione el mejor ajuste a la curva tridimensional utilizando la menor cantidad de puntos posible. En este caso particular, la curva 3-D se puede aproximar usando un primer punto en el primer extremo 1920 de la curva 3-D 1910a, un segundo punto en el segundo extremo 1925 de la curva 3-D, y un tercer punto 1930, aproximadamente a mitad de camino entre el primer y segundo extremo, 1920 y 1925, respectivamente. Estos puntos se pueden utilizar como puntos de control, teniendo cada uno un valor de ubicación correspondiente asociado con ellos.

Los valores de orientación asociados con cada uno de los puntos de control respectivos pueden ser proporcionados por el usuario. El valor de orientación puede proporcionarse a cada punto de control individual, o a un subconjunto de los puntos de control, tales como los asociados con cada línea 1910, y los asociados con la curva 1905 de límite de pelo, respectivamente. Alternativamente, se puede asignar un único valor de orientación a todos los puntos de control. Alternativamente, el procesador puede asignar un valor de orientación a cada uno de los puntos de control. En un aspecto de la aplicación, el procesador asigna un valor de orientación para la curva de límite de pelo 1905 de la manera

5 descrita en relación con la figura 7b anterior. En otro aspecto de la solicitud, el procesador asigna un valor de orientación para cada punto de control en cada una de las curvas 1910 de pelo determinando el ángulo de una tangente a la curva en cada punto de control respectivo. El ángulo tangente ilustrado por las flechas en la figura 19b. Esta determinación automática también puede tener en cuenta al menos una o más características del modelo 3-D. Por ejemplo, la orientación puede tomar en consideración dónde la nariz, los ojos y/o las orejas están ubicadas en el modelo 3-D del paciente, o tener en cuenta la orientación de uno o más folículos capilares o injertos de cabello que salen. Como en las realizaciones anteriores, es posible la modificación de cada uno o cualquiera de los valores de orientación iniciales.

10 Con el valor de ubicación y orientación de cada punto de control, el procesador puede generar y visualizar automáticamente sitios de implantación de unidades foliculares propuestos, en función de la pluralidad de puntos de control. Como resultado, por ejemplo, pueden generarse sitios de implantación que están situados dentro del área perfilada por la curva 1905 de límite de pelo y que están influenciados por las curvas 1910. Como se ilustra en las figuras 19b, el sistema y el procesador pueden estar configurados adicionalmente para generar y mostrar al usuario los folículos capilares o unidades foliculares propuestas, que pueden denominarse generalmente injertos capilares. Si se genera dicha visualización, la longitud de los injertos capilares propuestos puede predeterminarse por el procesador o el usuario, o puede ser introducida por el usuario. Tal longitud se puede modificar para crear un aspecto deseado.

15 En otro aspecto de la invención, los puntos de control y/o las curvas del límite del cabello, y/o las líneas del cabello, y/o las curvas ilustradas anteriormente en la figura 19b, pueden eliminarse posteriormente de la vista del usuario, permitiendo que el médico vea esquemáticamente cómo se verá su plan de tratamiento en su paciente. Será evidente para el lector que la aplicación del dibujo a mano alzada o la generación manual de las líneas y/o curvas capilares deseadas se puede combinar con cualquiera de las otras técnicas y metodologías de planificación descritas en este documento en referencia a diversas figuras y realizaciones de la presente solicitud. Por ejemplo, el médico puede utilizar un dibujo a mano alzada para identificar elementos del cabello que se asociarán entre sí o se unirán.

20 De acuerdo con otro aspecto más de la presente solicitud, se proporcionan métodos y sistemas adicionales para mejorar la planificación del tratamiento. Después de haber creado un plan de sitios de implantación propuestos, el sistema de planificación del tratamiento también puede optimizar el proceso de tratamiento, al permitir al usuario planificar el número de procedimientos que pueden requerirse para obtener el resultado deseado. Como se describe en la patente de los Estados Unidos 8,388,631, un tensor de piel que puede adaptarse a la superficie del cuerpo y crear tensión puede usarse para facilitar diversos procedimientos en la superficie del cuerpo, por ejemplo, recolección de unidades foliculares (UF) desde varias ubicaciones en la superficie del cuerpo. Estos dispositivos tensores pueden venir en varios tamaños y formas y pueden configurarse para ajustarse a un elemento particular de la superficie del cuerpo.

25 Habiendo generado y mostrado en la interfaz de usuario al menos un elemento (o región) de implantación, pero típicamente varios elementos de implantación, el software de modelado puede utilizar diversos algoritmos para generar y superponer una representación de uno o más localizadores de región o, en algunas realizaciones, tensores para cubrir la implantación propuesta o el área de tratamiento. Los localizadores de región pueden usarse para contener fiduciales o marcadores para dirigir sistemas guiados por imágenes que pueden usarse para implementar diversos métodos de acuerdo con la presente descripción. El algoritmo de optimización también puede funcionar para minimizar el número total de tensores que se utilizarán en el procedimiento de tratamiento, minimizar el área de superposición entre los tensores y/o reducir potencialmente la cantidad de sesiones que se requiere que el paciente sufra.

30 Para facilitar esto, se le puede requerir al usuario que proporcione algunas restricciones para el localizador de región o la colocación del tensor, como, por ejemplo, el número máximo de localizadores de región o tensores que les gustaría usar en el procedimiento, el tipo de tensor, el tamaño del tensor, etc. Esto podría hacerse a través de la interfaz de usuario. Opcionalmente, el usuario puede ajustar manualmente un plan que puede ser generado por la computadora, indicando el número y la colocación de los tensores que el usuario propone adoptar en la ejecución del plan de tratamiento propuesto. Por ejemplo, el usuario puede ajustar las ubicaciones propuestas de los tensores para quizás evitar agravar las cicatrices existentes, tal vez.

35 Las figuras 21a y 21b ilustran la superposición de tensores que pueden generarse para permitir al usuario ejecutar dos planes de tratamiento diferentes. En la figura 17a, los elementos de implantación propuestos abarcan un área que ocupa sustancialmente el área calva del cuero cabelludo del paciente y requiere el uso de cuatro (4) tensores 2110a, 2110b, 2110c y 2110d. Por otro lado, en la figura 17b, el(los) elemento(s) de implantación propuesto(s) abarcan un área menor, requiriendo solo tres (3) tensores.

40 Resultará evidente para los expertos en la técnica, que existen muchos algoritmos que pueden utilizarse para proporcionar tal funcionalidad. En un ejemplo de este aspecto de la aplicación actual, la unidad de procesamiento puede determinar el contorno exterior de los elementos capilares combinados, y con base en esa información, y el tamaño del tensor, coloque una o más representaciones del tensor de modo que toda el área dentro del contorno exterior esté cubierta por tensores. En una realización de este aspecto de la aplicación actual, la unidad de procesamiento puede eliminar de la consideración cualquier tensor virtual que abarque un área sin o con un número limitado predeterminado de sitios de implantación propuestos.

En otro ejemplo de este aspecto de la aplicación actual, el área cubierta por los elementos capilares combinados se puede dividir virtualmente en secciones de rejilla, y se puede utilizar una función de costo lineal de álgebra para optimizar la cobertura de los puntos de rejilla. Utilizando un conjunto de uno o más parámetros, incluidos, entre otros, el número de tensores, la ubicación del tensor y el tamaño de los tensores, la ubicación del tensor y el tamaño de los tensores, se puede asignar un valor que representa un valor objetivo de cualquier combinación particular de valores de los parámetros en cuestión. El valor objetivo puede variar dependiendo de cuál de los uno o más parámetros se pondera más o tiene más valor en una situación particular. Por ejemplo, aunque el uso de menos tensores grandes puede ser posible para un plan de tratamiento particular, los valores pueden configurarse de manera que los tensores más pequeños tengan un mayor valor, y como tal, se puede encontrar que el valor objetivo es más alto en esa situación. Este sería, por ejemplo, el caso donde el plan de tratamiento se llevaría a cabo en un niño o un paciente con cabeza pequeña, y sería más fácil utilizar el tensor de tamaño más pequeño o el localizador de región en lugar de los más grandes.

Cuando se utiliza este aspecto de la aplicación actual, el plan de tratamiento comprende, por lo tanto, el plan de tratamiento en términos de las ubicaciones/orientaciones del sitio propuestas, y la ubicación/orientación de los tensores. Una vez que el plan completo cumple con las expectativas del médico, usuario y/o paciente, el usuario puede registrar el plan de tratamiento con un paciente real. En algunas realizaciones, esto se puede lograr usando una o más cámaras para identificar uno o más marcadores en el paciente o un dispositivo en el paciente. El marcador puede ser un reflector que está asegurado al paciente, una marca de tinta dibujada en el paciente, una anatomía del paciente, el propio tensor (o cualquier porción del mismo). Alternativamente, el marcador puede ser una marca en un dispositivo tensor de la superficie del cuerpo utilizado por el médico en el procedimiento de trasplante capilar. Los marcadores identificados pueden usarse para determinar una posición y/u orientación de la región de implantación del paciente. Los algoritmos de detección fiducial se pueden usar para localizar y refinar la posición de estos marcadores. Será evidente que cuanto más cercanos estén los fiduciales/marcadores de referencia al área de implantación propuesta, más exacto será el registro del plan de tratamiento para el paciente.

Será evidente que, aunque la metodología descrita anteriormente como pasos discretos, uno o más pasos pueden combinarse o incluso eliminarse, sin apartarse de la funcionalidad prevista de las realizaciones de la aplicación. También será evidente que los métodos descritos anteriormente se pueden realizar manualmente, o pueden estar parcial o sustancialmente automatizados, incluyendo los realizados mediante sistemas robóticos. Aunque se describe de una manera que indica que el pelo se recolecta e implanta en el mismo paciente, el pelo se puede recolectar de manera similar de un paciente e implantar en otro. Alternativamente, el cabello puede ser recibido de otra fuente e implantado.

Las realizaciones de la solicitud ilustradas y descritas anteriormente son susceptibles de diversas modificaciones y formas alternativas, y se debe entender que las aplicaciones como se divulga en general en este documento, así como las realizaciones específicas descritas aquí, no están limitadas a las formas o métodos particulares descritos, y que muchas otras realizaciones son posibles dentro del espíritu y el alcance de las presentes aplicaciones. Además, aunque las características individuales de una realización se pueden discutir aquí o se muestran en los dibujos de la una realización y no en otras realizaciones, debería ser evidente que las características individuales de una realización se pueden combinar con una o más características de otra realización o características de una pluralidad de realizaciones. A modo de ejemplo no limitativo, los expertos en la técnica apreciarán que las características o características particulares descritas en referencia a una figura o realización pueden combinarse como adecuadas con características o características descritas en otra figura o realización. El solicitante considera que el tema de la solicitud incluye todas las combinaciones y sub combinaciones nuevas y no obvias de los diversos pasos, elementos, características, funciones y/o propiedades divulgadas en este documento. Además, las metodologías descritas se pueden aplicar a cualquier tratamiento, y no se limitan al trasplante de cabello.

Los expertos en la técnica apreciarán adicionalmente que la aplicación no se limita al uso de un sistema en particular, y que automatizado (incluido el robótico), semiautomatizado, y se pueden usar sistemas y aparatos manuales para posicionar y accionar las herramientas de extracción respectivas y otros dispositivos y componentes descritos en este documento.

Aunque la aplicación se ha descrito en sus realizaciones preferidas, debe entenderse que las palabras que se han usado son palabras de descripción y no de limitación. Por lo tanto, se pueden hacer cambios dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas sin apartarse del verdadero alcance de la invención.

Reivindicaciones

1. Un método para planificar un procedimiento en un cuerpo, que comprende:

recibir una entrada de usuario de dibujo a mano alzada bidimensional (2-D) de un elemento (220) de superficie corporal propuesto siendo dibujado en una representación generada por computadora de un modelo 3-D del cuerpo mostrado en un dispositivo de visualización bidimensional (2D);

convirtiendo, con el uso de un procesador, el dibujo en 2-D a mano alzada del elemento (220) de superficie corporal propuesto en ubicaciones en un sistema de coordenadas 3-D y mostrando en el dispositivo de visualización bidimensional las ubicaciones 3-D del elemento (220) de superficie corporal propuesto en la superficie del modelo 3-D (305; 405), en donde la conversión de la entrada de usuario de dibujo a mano alzada 2D a las ubicaciones 3-D comprende proyectar ubicaciones 2-D en el modelo 3-D; y

generar automáticamente una pluralidad de puntos (250; 345; 445; 705, 710, 730, 735) de control basados en el elemento de superficie del cuerpo propuesto (220) en el modelo 3-D (305; 405).

2. El método de la reivindicación 1, en donde el procedimiento comprende un procedimiento de trasplante capilar, eliminación de tatuajes, injerto de piel o procedimiento cosmético o dermatológico, y en donde el elemento de la superficie del cuerpo comprende una porción de una piel, una parte de un cuero cabelludo, un parche para el cabello, un lunar, una o más pecas, marcas de nacimiento, arrugas o cicatrices, un rasgo facial o un defecto facial.

3. El método de la reivindicación 1, en donde el procedimiento es el trasplante de injertos (1750; 1850) capilares y el elemento de superficie corporal propuesto es un elemento (220) de pelo propuesto.

4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la conversión de una entrada 2-D a ubicaciones 3-D comprende determinar un punto de intersección entre el valor 2-D y el modelo 3-D.

5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la conversión y visualización de ubicaciones del elemento (220) de superficie corporal propuesto comprende:

determinar si la entrada de usuario 2-D recibida corresponde a un bucle abierto o cerrado; y

generar y visualizar una línea si la entrada determinada corresponde a un bucle abierto, y generar y visualizar un parche si la entrada determinada corresponde a un bucle cerrado.

6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde generar automáticamente una pluralidad de puntos de control (250; 345; 445; 705, 710, 730, 735, P_0 , P_1 , Q_0 , Q_1) comprende utilizar la aproximación de polígono, y preferiblemente, el método que comprende además eliminar el ruido del dibujo a mano alzada.

7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además determinar automáticamente un valor de orientación de al menos uno de la pluralidad de puntos (730, 735) de control y en donde la determinación automática de la orientación se basa, al menos en parte, en una o más características del modelo (305; 405) 3-D, y preferiblemente, en donde el valor de orientación de al menos uno de la pluralidad de puntos (730, 735) de control se determina basándose en una o más características existentes o en una entrada de usuario adicional.

8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el elemento de la superficie del cuerpo comprende una línea (1110; 1330) del pelo o una curva (230; 715; 725; 1120; 1510) del límite.

9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que además comprende:

generar y mostrar automáticamente sitios de procedimientos propuestos (240; 510; 610; 720; 960; 1550; 1560a, 1560b, 1560c, 1560d) con base en la pluralidad de puntos de control (250; 345; 445; 705, 710, 730, 735, P_0 , P_1 , Q_0 , Q_1) y orientaciones de la pluralidad de puntos de control.

10. El método de la reivindicación 9, que comprende, además:

recibir una entrada de usuario 2-D adicional en forma de un dibujo a mano alzada; y en donde los sitios de procedimiento propuestos generados automáticamente son sitios (240, 510, 610, 720, 960, 1550, 1560a, 1560b, 1560c, 1560d) de implantación del pelo y en donde la orientación de unidades foliculares propuestas generadas automáticamente en los sitios de implantación se basa en la entrada de usuario 2-D adicional.

11. El método de la reivindicación 10, en donde el elemento propuesto es un parche para el cabello, y la entrada adicional para el usuario 2-D comprende una o más curvas (1910) dibujadas dentro de un área perfilada por un límite (1905) del parche para el pelo, y preferiblemente, el método que comprende además generar automáticamente al menos dos puntos de control basados en cada una de las una o más curvas (1910), en donde uno de los al menos dos

puntos de control comprende un punto de control en un extremo (1920) de cada una de las una o más curvas (1910), y otro de los al menos dos puntos de control de la curva comprende un punto de control en el otro extremo (1925) de cada una de las una o más curvas (1910).

5 12. El método de la reivindicación 11, que comprende además determinar automáticamente una orientación de cada uno de los al menos dos puntos de control (730, 735), en donde la determinación automática comprende la determinación de un ángulo (750) de una tangente a la curva en el modelo 3-D (305; 405) en la ubicación de cada punto de control respectivo (730, 735), y preferiblemente, comprendiendo además el método la generación y visualización automática de ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas basándose en la pluralidad de puntos (250; 345; 445; 705, 710, 730, 735) de control y las orientaciones de la pluralidad de puntos de control y en al menos dos puntos de control (730, 735) y las orientaciones de los al menos dos puntos de control.

10 13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en donde el elemento de superficie corporal comprende un parche (725) para el cabello, y que comprende además identificar, con el uso de un procesador, una ubicación de un centro (740) de una espiral de pelo con respecto a un límite del parche (725) de pelo.

15 14. El método de la reivindicación 13, en donde la espiral del pelo está ubicado dentro del límite del parche para el cabello (725) y en donde generar automáticamente una pluralidad de puntos (730, 735) de control comprende además generar automáticamente un valor de orientación para cada punto de control, estando el valor de orientación basado en una línea (745) virtual dibujada entre el centro (740) de la espiral del pelo y cada uno de la pluralidad de puntos (730, 735) de control, y preferiblemente, el método que comprende además alterar el valor de orientación asignado a la pluralidad de puntos de control basándose en una distancia del punto (730, 735) de control desde el centro (740) del espiral del pelo.

20 15. El método de la reivindicación 14, que comprende además generar automáticamente sitios (720) de implantación de unidades foliculares dentro de un área delimitada por el límite del parche (725) para el pelo con base en la pluralidad de puntos (730, 735) de control y sus correspondientes valores de orientación iniciales asignados.

25 16. El método de la reivindicación 15, que comprende además modificar una orientación del sitio (720) de implantación de la unidad folicular propuesto generado automáticamente basándose en su distancia del centro (740) de la espiral del pelo, y preferiblemente, en donde la modificación de la orientación del sitio (720) de implantación de la unidad folicular propuesta automáticamente es tal que tiene una desviación mayor del valor de orientación inicial cuanto más lejos está del centro (740) de la espiral del pelo, y una desviación menor del valor de la orientación inicial cuanto más cerca esté del centro (740) del espiral del pelo.

30 17. Un sistema para planificar un procedimiento en un cuerpo, que comprende:

una interfaz de usuario que incluye un dispositivo de visualización bidimensional (2-D) y un dispositivo de entrada de usuario,

35 al menos una instrucción de almacenamiento de medios de almacenamiento no transitorios, y un procesador que comprende uno o más módulos para ejecutar operaciones en datos (205a, 205b) de imágenes, comprendiendo el uno o más módulos instrucciones para:

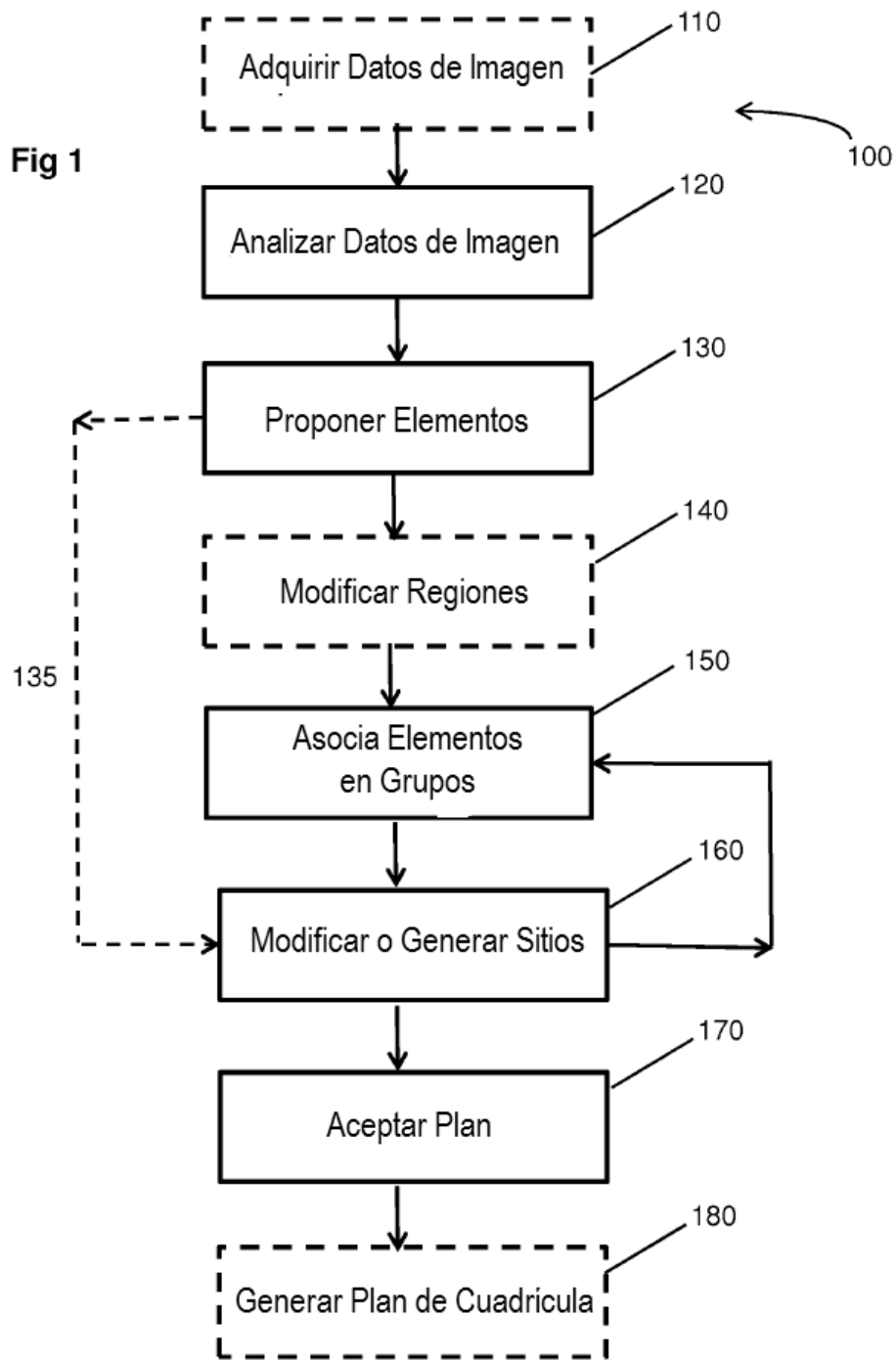
recibir una entrada de usuario de dibujo bidimensional (2D) a mano alzada de un elemento (220) de superficie corporal propuesto dibujado en una representación generada por computadora de un modelo tridimensional del cuerpo mostrado en el dispositivo de visualización bidimensional (2D);

40 convertir, con un uso del procesador, el dibujo 2D a mano alzada del elemento (220) de superficie del cuerpo propuesto en ubicaciones en un sistema de coordenadas 3-D, y visualizar en el dispositivo de visualización 2-D ubicaciones en 3-D del elemento (220) de superficie del cuerpo propuesto en el modelo 3-D (305; 405) de una superficie del cuerpo, en donde convertir la entrada de usuario de dibujo a mano alzada 2D a ubicaciones 3-D comprende proyectar ubicaciones 2-D en el modelo 3-D del cuerpo; y

45 generar automáticamente una pluralidad de puntos de control (250; 345; 445; 705, 710, 730, 735) basados en el elemento de superficie del cuerpo propuesto (220) en el modelo 3-D (305; 405).

18. El sistema de la reivindicación 17, en donde el procedimiento propuesto comprende un procedimiento de trasplante capilar, eliminación de tatuajes, injertos de piel o procedimientos cosméticos o dermatológicos, y en donde el elemento superficial corporal comprende una porción de una piel, una porción de cuero cabelludo, un parche para el cabello, un lunar, una o más pecas, marcas de nacimiento, arrugas o cicatrices, un rasgo facial o un defecto facial.

50 19. El sistema de la reivindicación 17, en donde el procedimiento es un procedimiento de trasplante de cabello y el elemento de superficie corporal es un elemento (220) de pelo.



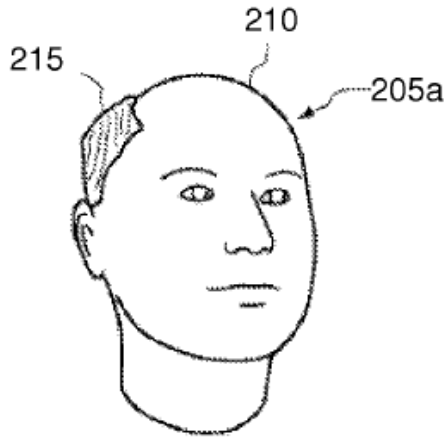


Fig 2a

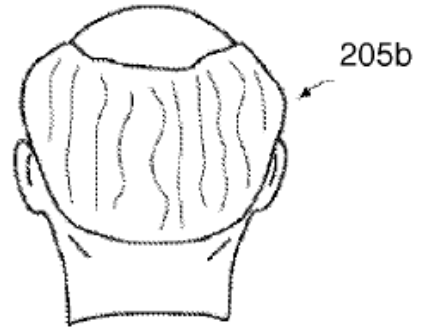


Fig 2b

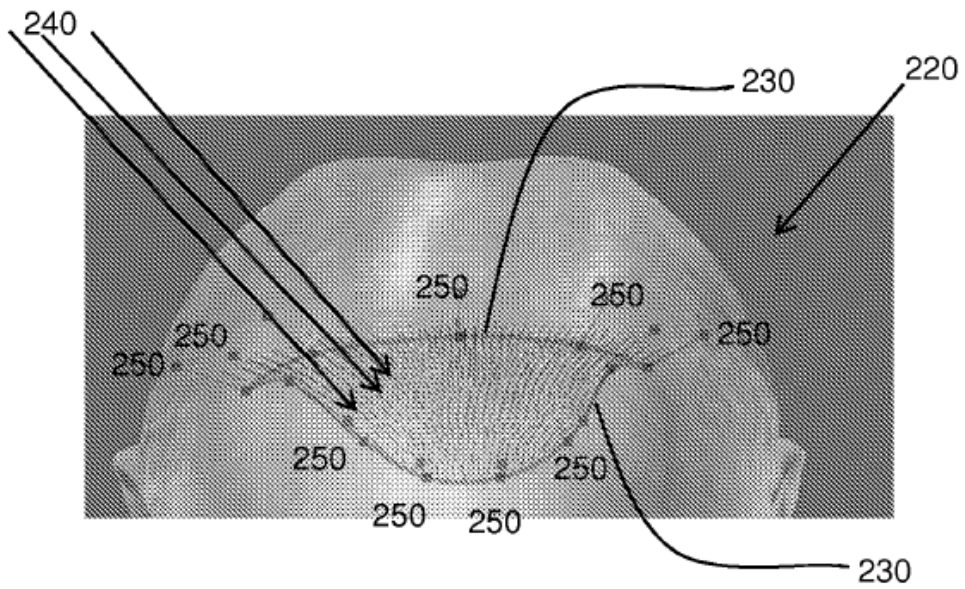


Fig 3

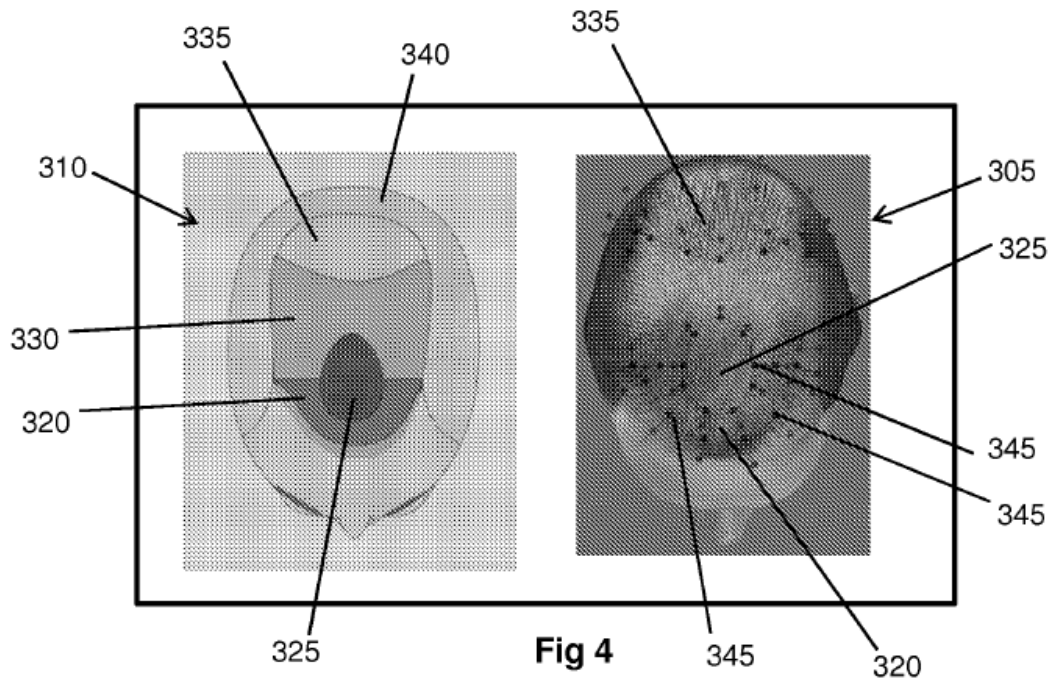


Fig 4

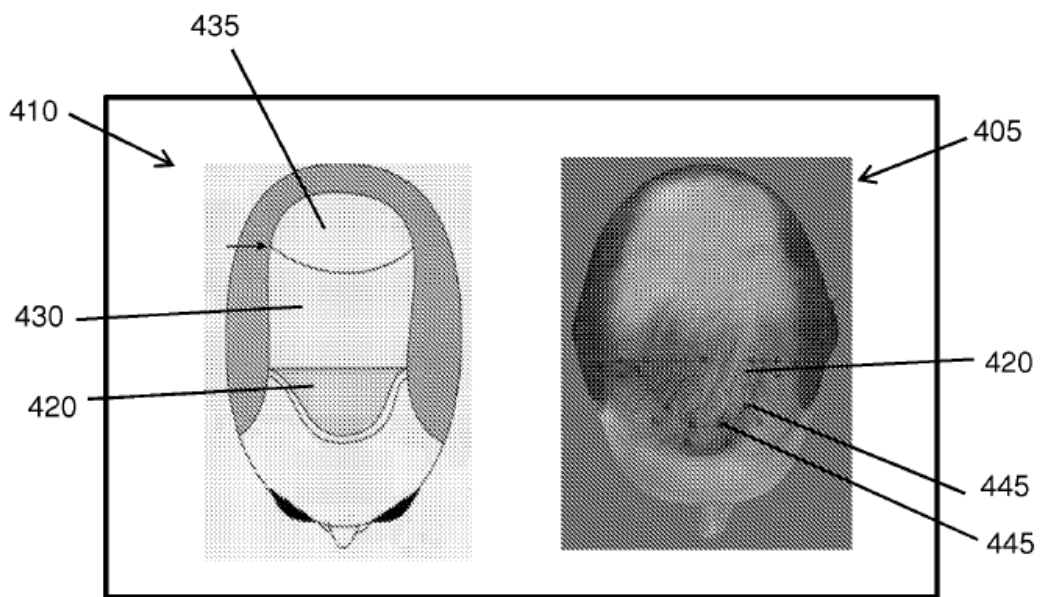
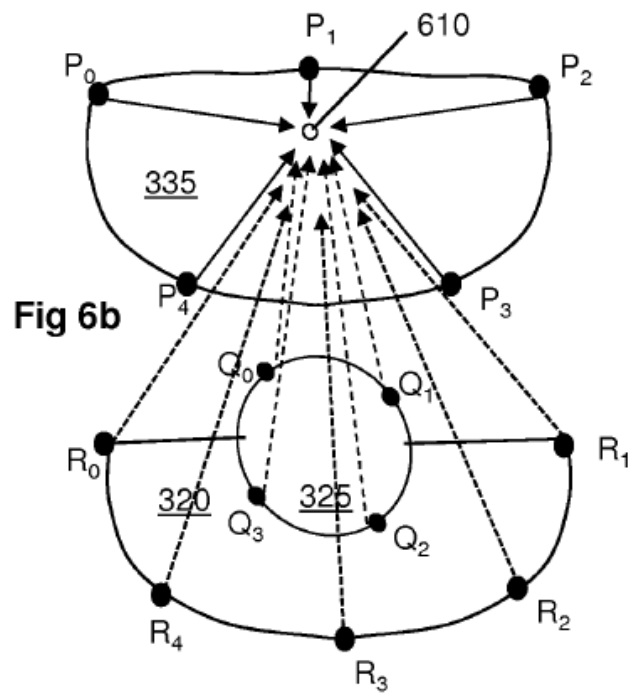
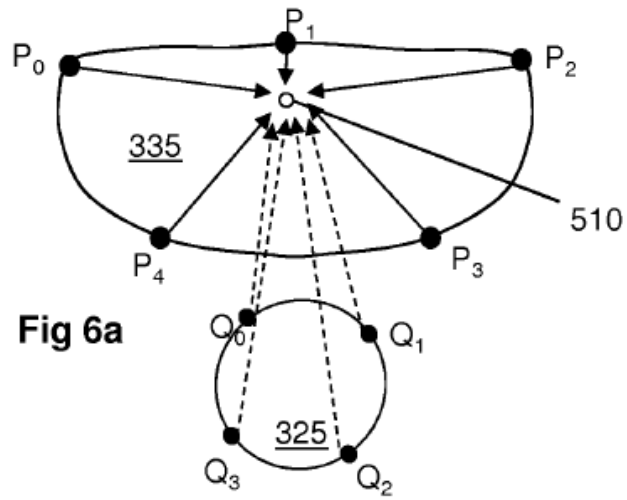
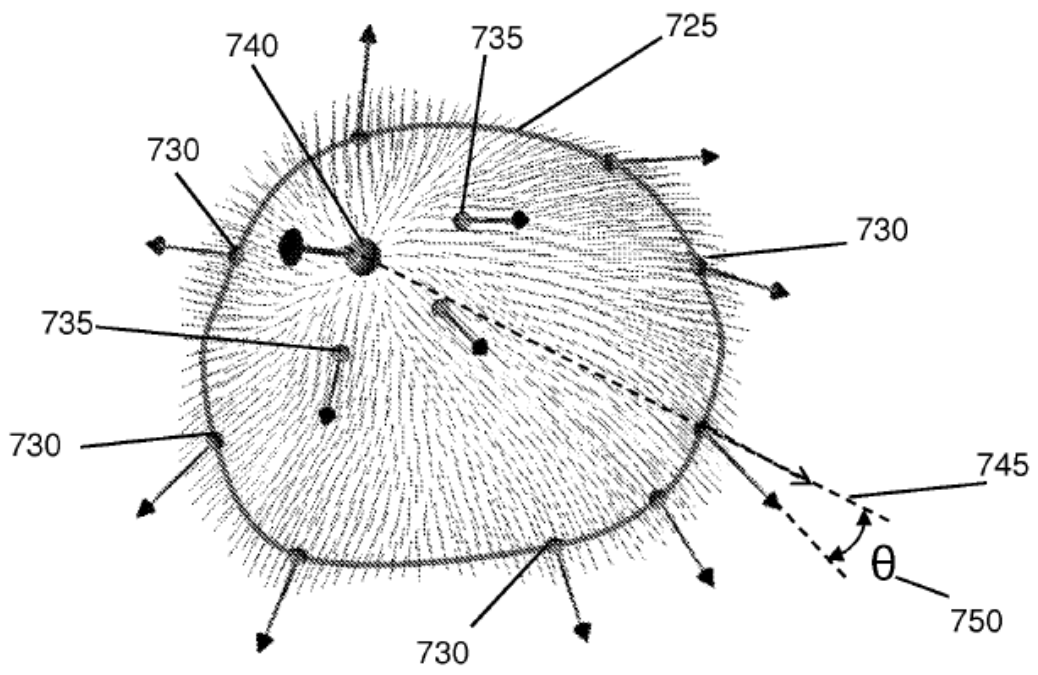
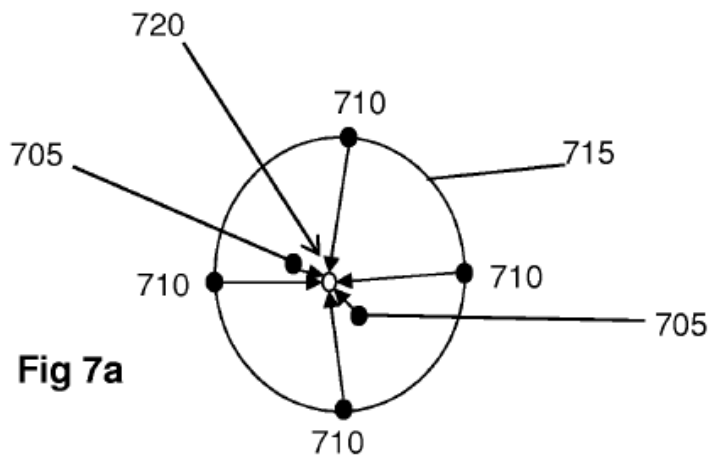


Fig 5





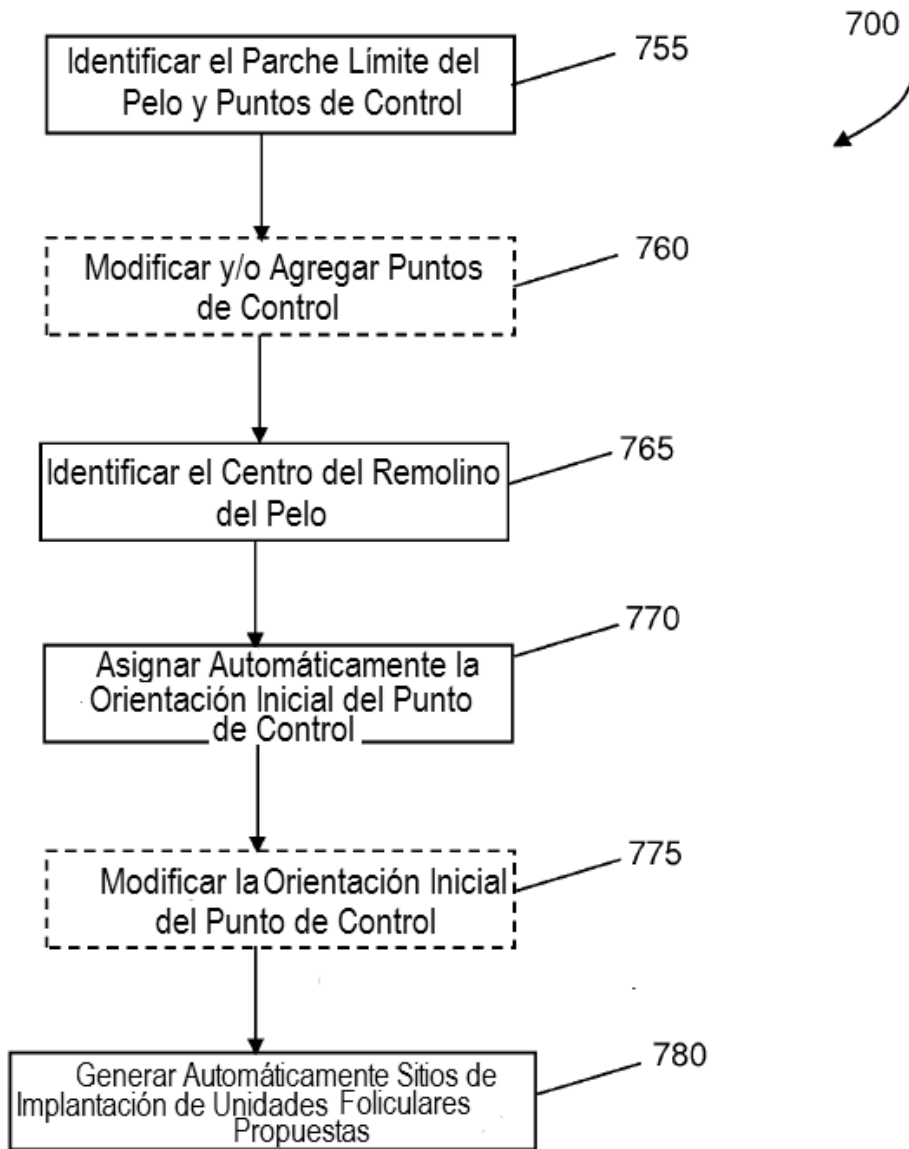


Fig 7c

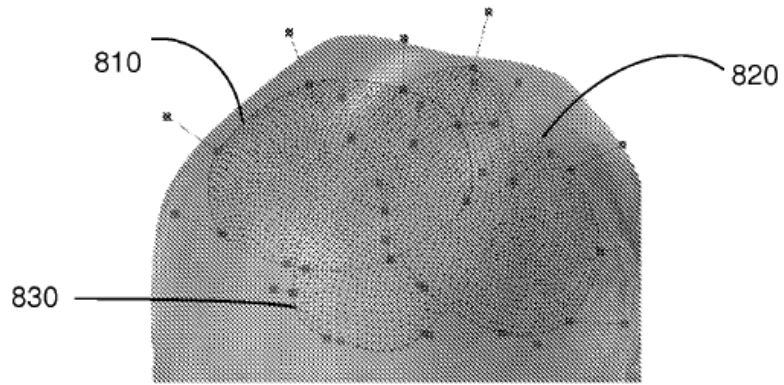


Fig 8

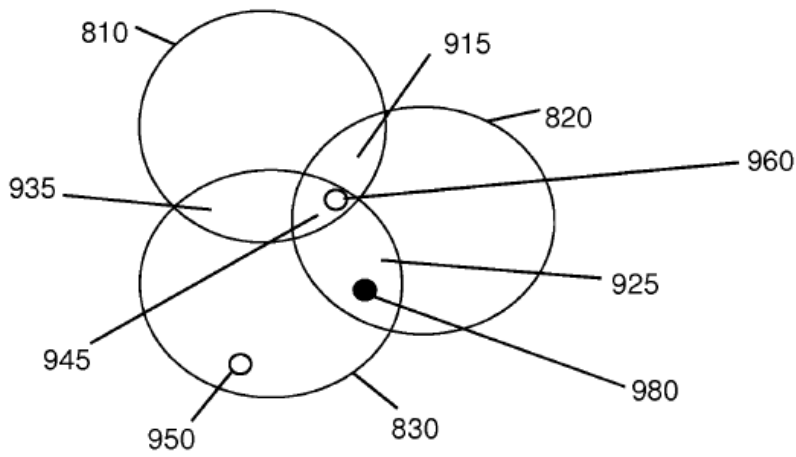


Fig 9a

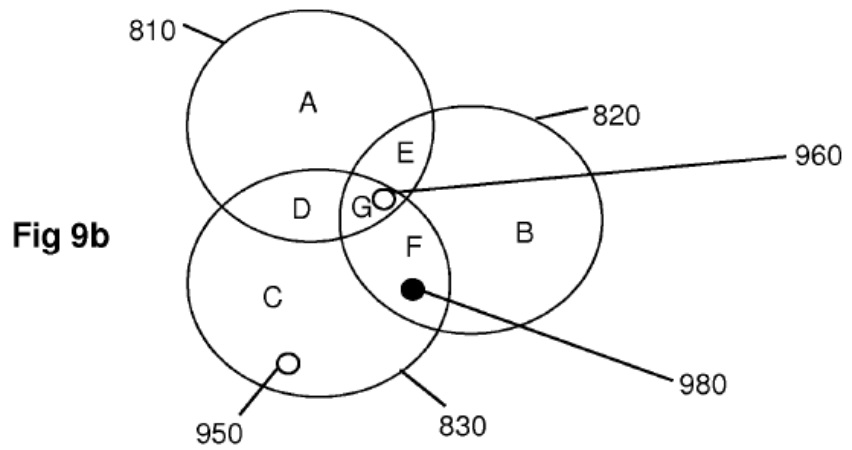
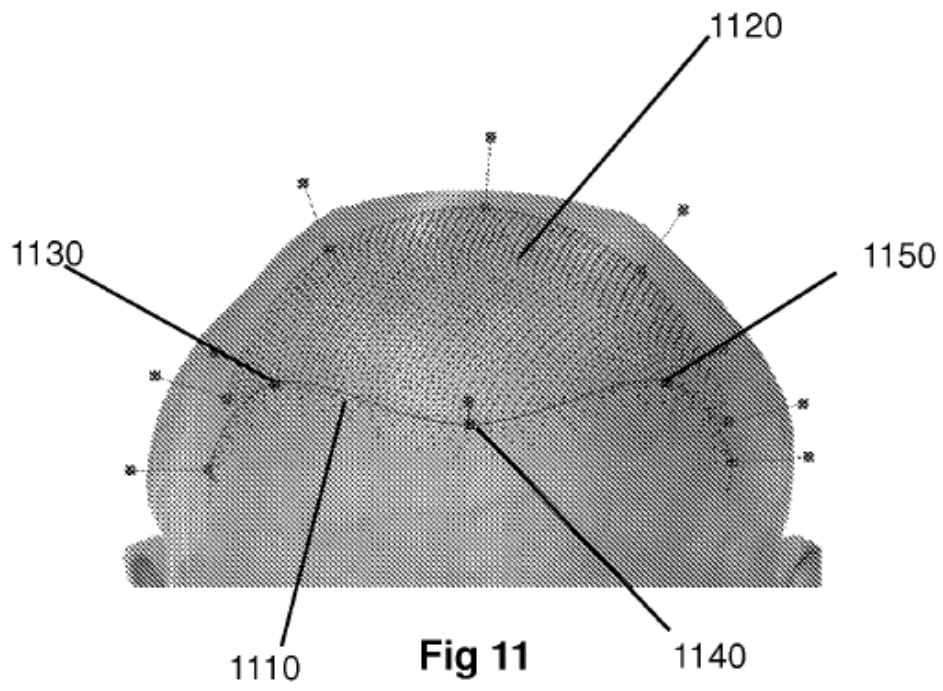
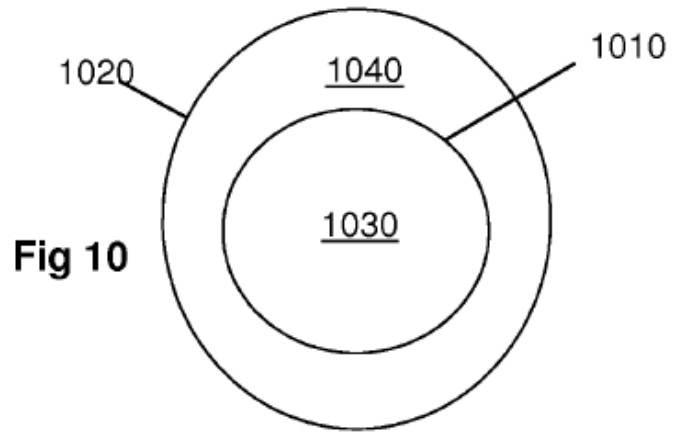


Fig 9b



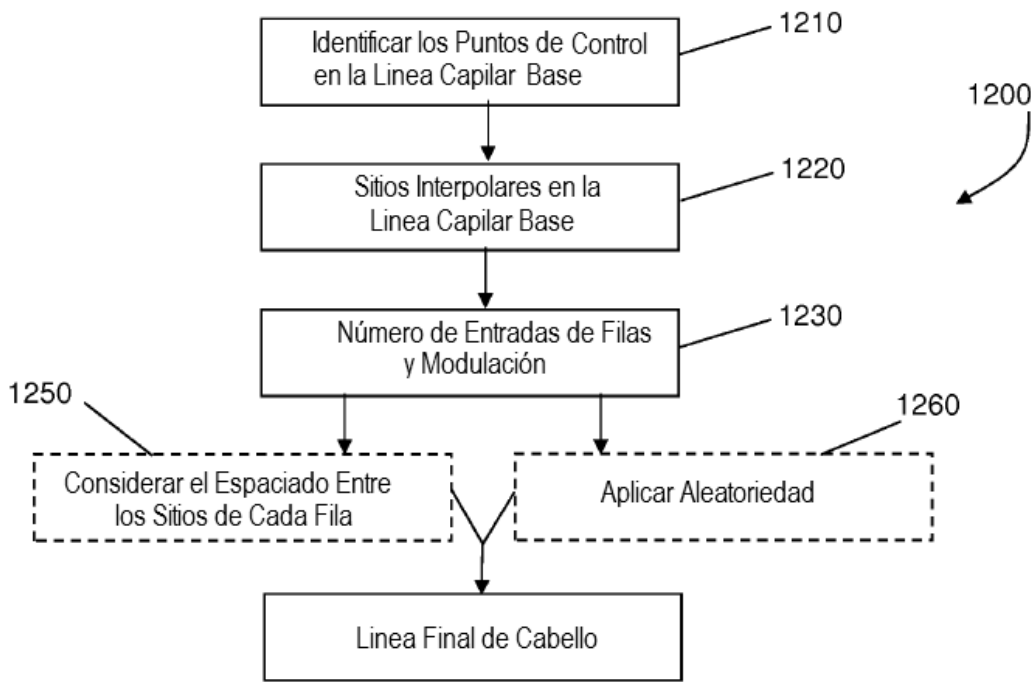


Fig 12

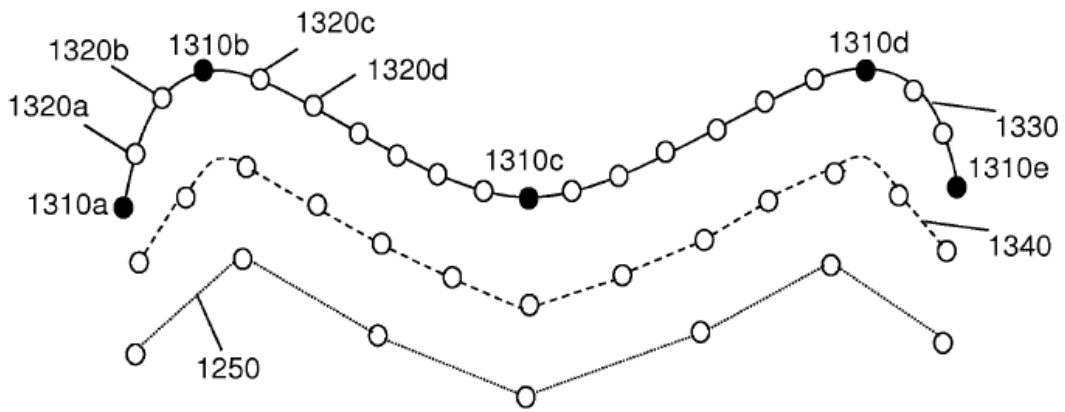
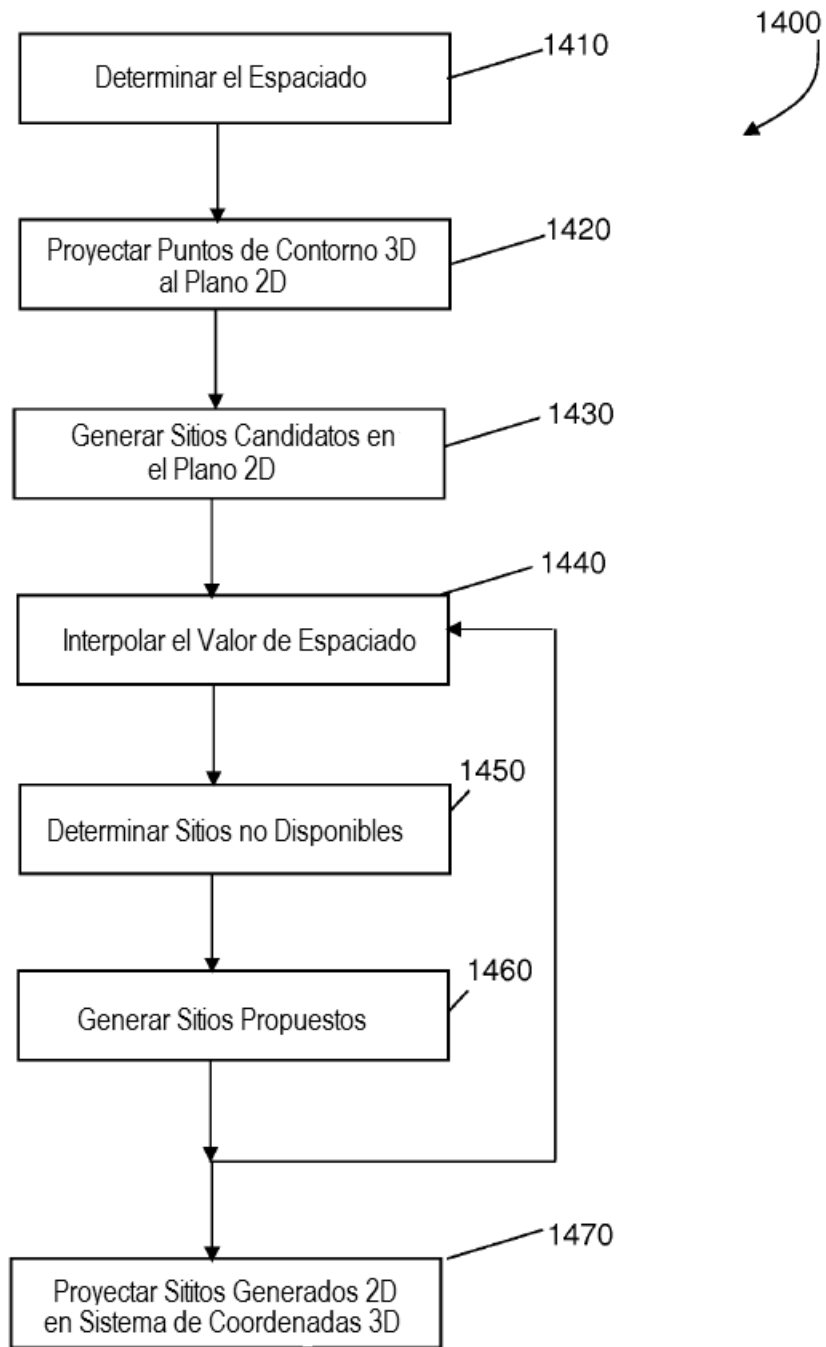


Fig 13

Fig 14



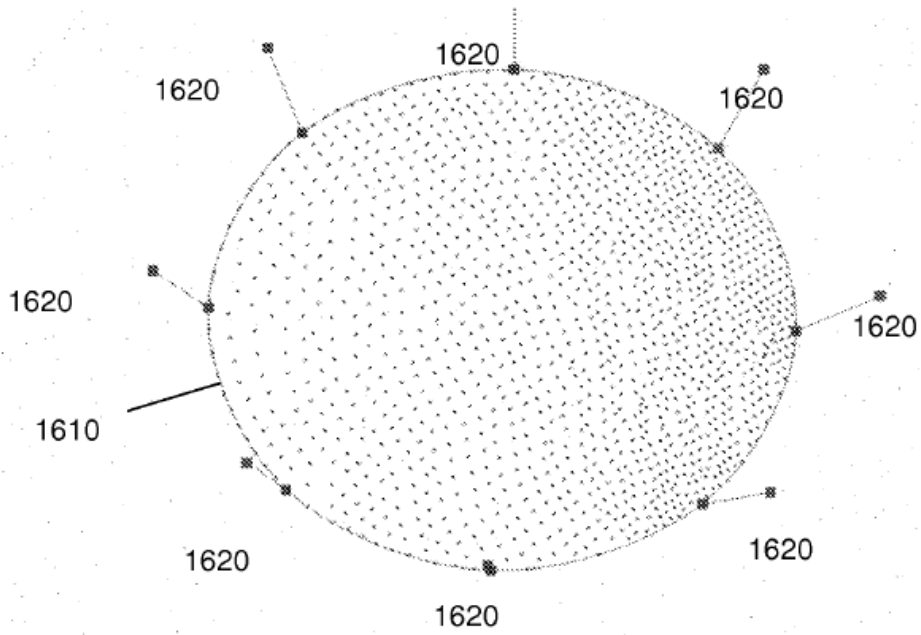
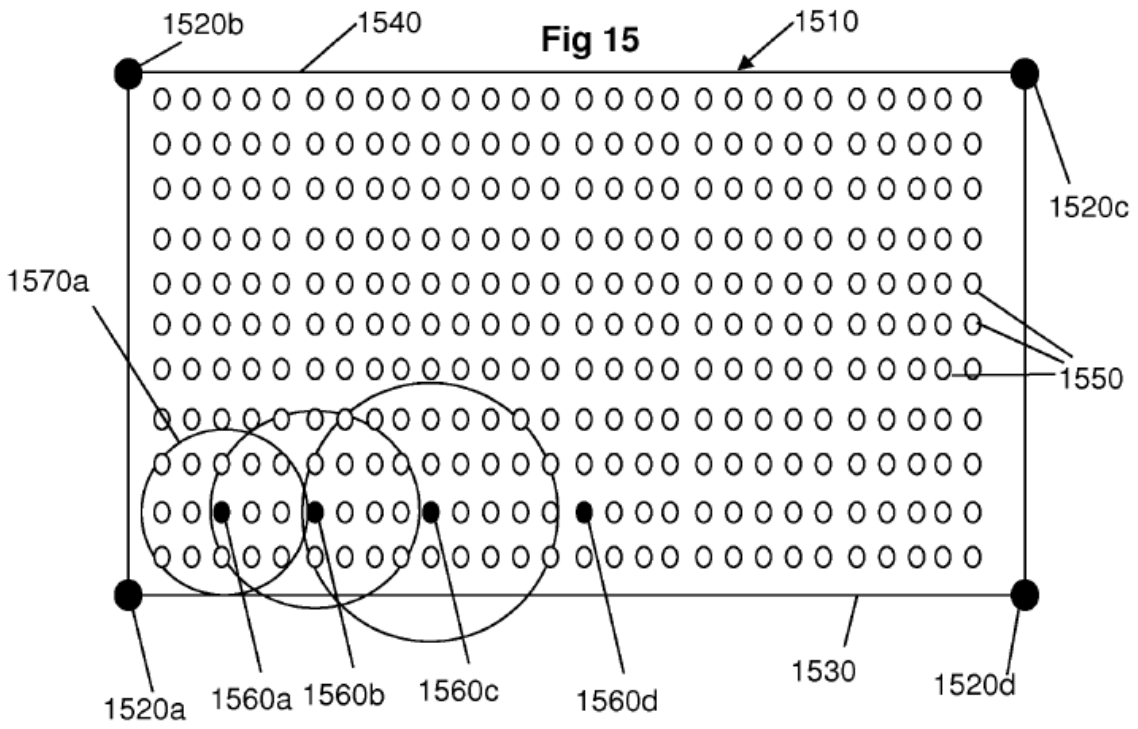
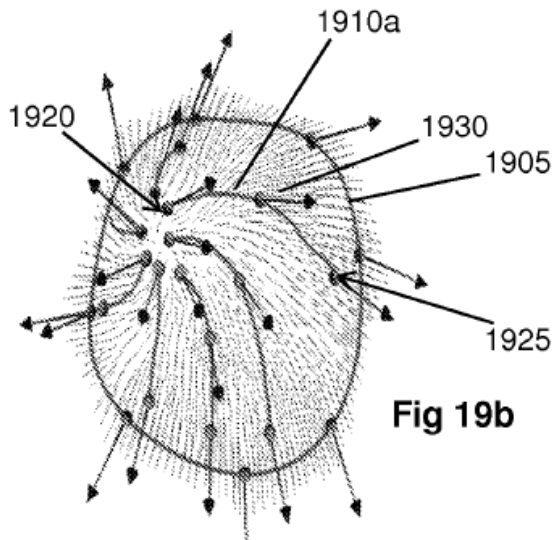
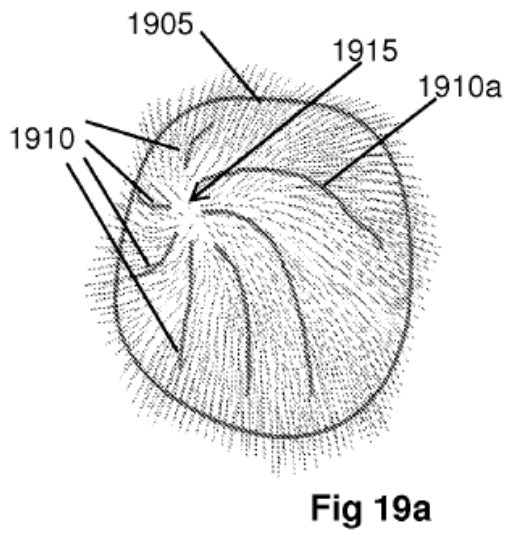
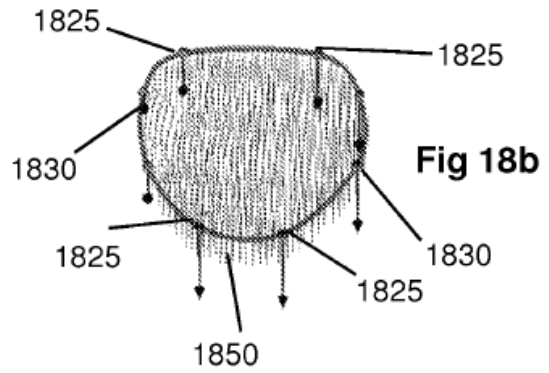
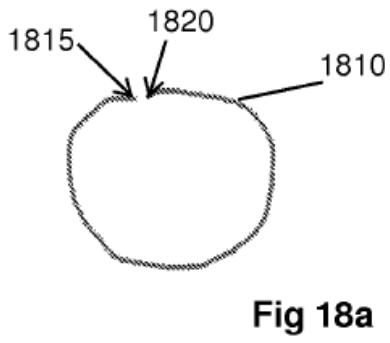
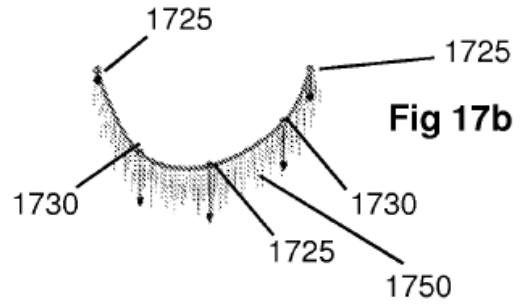
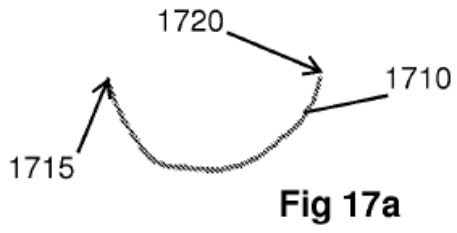


Fig 16



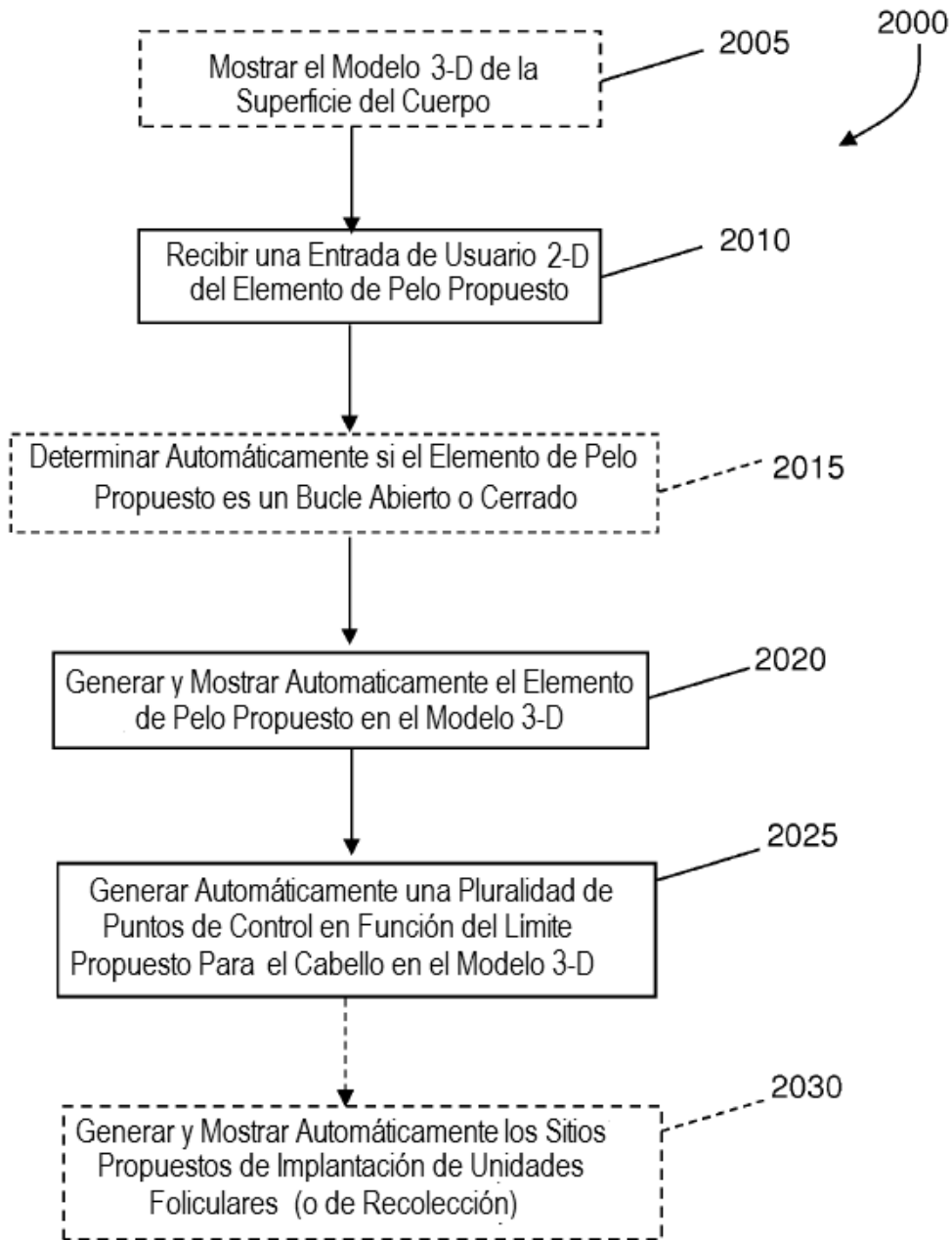


Fig 20

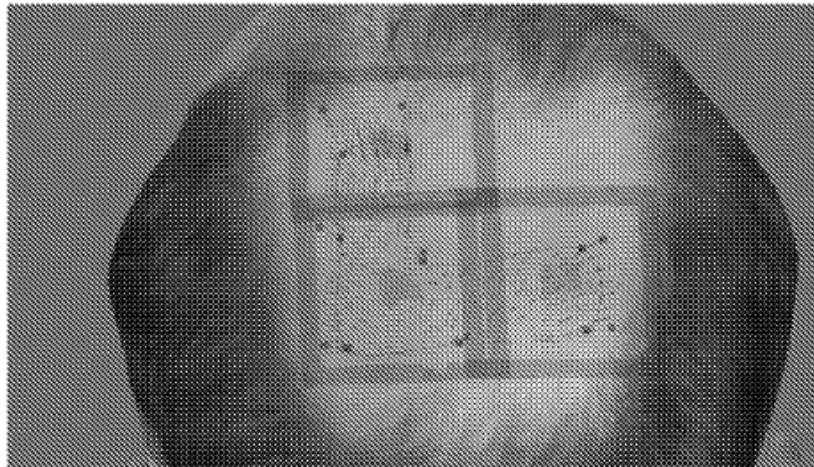
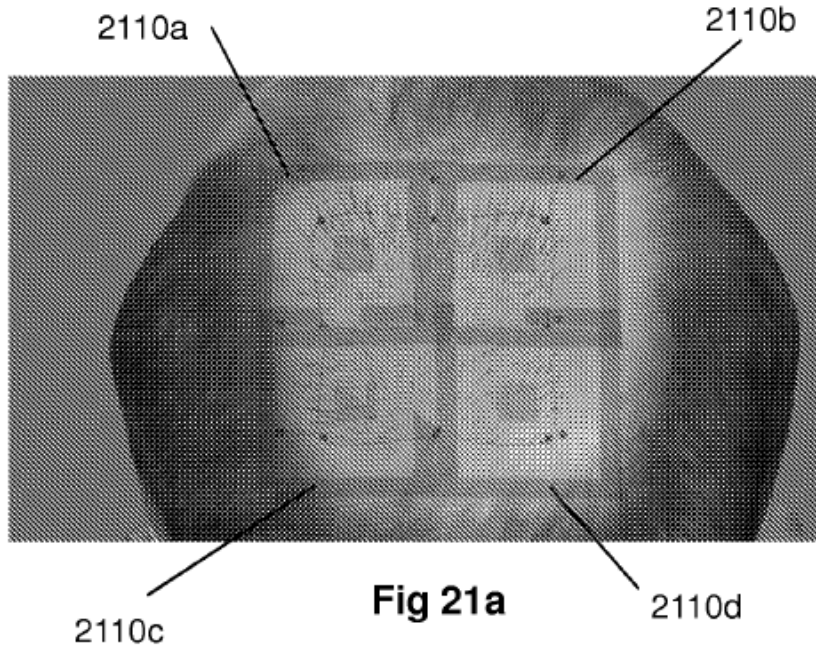


Fig 21b