(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 573 798**

(51) Int. CI.:

A61F 2/10 (2006.01)
A61B 17/00 (2006.01)
A61B 34/20 (2006.01)
A61B 34/10 (2006.01)
A61B 90/00 (2006.01)
A61B 34/30 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2011 E 11851566 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016 EP 2654621**

(54) Título: **Procedimientos y sistemas para dirigir el movimiento de una herramienta en intervenciones de trasplante capilar**

(30) Prioridad:

21.12.2010 US 201061425571 P
30.06.2011 US 201113174721

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.06.2016

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

TENNEY, JOHN A.;
BODDULURI, MOHAN y
ZHANG, HUI

(74) Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

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

Procedimientos y sistemas para dirigir el movimiento de una herramienta en intervenciones de trasplante capilar

Campo de la invención

La presente solicitud se refiere en general a intervenciones de trasplante capilar y más en particular a procedimientos y sistemas usados para el funcionamiento de una herramienta para extraer o implantar unidades foliculares desde o en una superficie del cuerpo usando técnicas de imagen y procesamiento.

Antecedentes de la invención

Durante las intervenciones operatorias médicas en un paciente, sobre todo si la intervención tiene una duración temporal importante, es inevitable que se produzcan movimientos y/o interrupciones por parte del paciente. Estas interrupciones pueden ser de naturaleza mecánica, eléctrica, de hardware, de software o médica, o estar causadas por algunos otros medios. Por ejemplo, puede ser conveniente o simplemente inevitable que el paciente cambie de posición durante la intervención, o que el paciente y/o el médico abandonen temporalmente el lugar en el que se está realizando la operación antes de reanudarla. Para diversas intervenciones médicas, incluidas las de estética, intervenciones, y en particular, por ejemplo, para el caso de un paciente que se somete a un intervención de trasplante capilar, es relevante contar con unidades foliculares extraídas de una zona de donante (por ejemplo, en el cuero cabelludo del paciente) para trasplante, o tener unidades foliculares implantadas en una zona receptora (por ejemplo, una zona de calvicie en el cuero cabelludo del paciente). La realización de estas intervenciones lleva normalmente varias horas o más. En algunos aspectos, el paciente puede permanecer en la silla de intervención pero necesita cambiar de postura debido a incomodidad y/o cansancio, o simplemente se mueve debido a la respiración o a otros movimientos naturales. En otros aspectos el paciente puede tener que interrumpir la intervención para dejar temporalmente la silla.

El documento US-2010/080.417-A1 divulga, en un aspecto, un procedimiento para el seguimiento de un característica de interés, como una unidad folicular, lo que implica la identificación de al menos un marcador en una primera imagen, incluyendo la primera imagen la característica de interés, tal como una unidad folicular; el cálculo de una signatura de la característica de interés en la primera imagen; la identificación del al menos un marcador en una segunda imagen; el cálculo de un vector de movimiento que corresponde a un cambio en la posición del al menos un marcador de la primera imagen a la segunda imagen; y uso del vector de movimiento y la signatura de la característica de interés en la primera imagen para etiquetar la característica de interés en la segunda imagen.

El documento US-2006/293.598-A1 divulga una administración automática de dosificación de ultrasonidos enfocados de alta intensidad (HIFU) que compensa el movimiento de tejido sometido a tratamiento.

Resumen de la invención

La presente invención se refiere a sistemas para dirigir el funcionamiento de una intervención de extracción o implante de un injerto capilar de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se extraen en las reivindicaciones dependientes. La reivindicación 17 se refiere al programa informático correspondiente y la reivindicación 18 el medio de almacenamiento correspondiente.

De acuerdo con un aspecto general, la presente solicitud divulga sistemas y procedimientos para dirigir el movimiento y el funcionamiento de una herramienta en intervenciones (tales como intervenciones médicas) que están al menos parcialmente automatizadas. En algunos ejemplos, se proporciona un procedimiento de funcionamiento de una herramienta para realizar dicha intervención. El procedimiento puede comprender el registro de las primeras posiciones de una pluralidad de marcadores que aparecen en una o más imágenes; la actualización y el registro de posiciones actualizadas de al menos parte de la pluralidad de los marcadores en una o más imágenes actualizadas; la determinación de un desplazamiento de las posiciones actualizadas de la al menos parte de la pluralidad de los marcadores con respecto a sus primeras posiciones; la selección de un sitio en el que realizar la intervención basándose al menos en parte en el desplazamiento determinado. El procedimiento puede comprender la instrucción para que la herramienta se mueva al sitio de intervención seleccionado para realizar una intervención. El procedimiento puede comprender además la instrucción para que la herramienta realice la intervención en el sitio de intervención seleccionado (por ejemplo, un procedimiento de colocación de un tatuaje o eliminación de un tatuaje o una intervención de inyección estética, una intervención de ablación, una intervención de tratamiento ocular, o cualquier otra intervención que pudiera beneficiarse de las invenciones descritas en la presente

memoria descriptiva); y también puede comprender el registro de una posición de la intervención realizada.

En algunos ejemplos puede comprenderse además la determinación de una frontera de un área en una superficie del cuerpo donde se realiza una intervención, por ejemplo, un área desde la cual se extraerán unidades foliculares o en la que se implantarán unidades foliculares, y la instrucción para que una herramienta realice una operación, tal como en el ejemplo de trasplante capilar extraído a partir de un lugar de extracción seleccionado o implante en un lugar de implante seleccionado, por ejemplo, dentro o fuera de la frontera determinada. La frontera puede determinarse basándose en una referencia, por ejemplo, una pluralidad de marcadores, que puede comprender un conjunto de marcadores distintos. En algunas realizaciones, con referencia al trasplante capilar la selección de sitios de extracción o implante de unidades foliculares puede tener en cuenta las limitaciones de la herramienta. En aquellas realizaciones en que la frontera del área está determinada, dicha frontera puede ajustarse para eliminar porciones, por ejemplo, donde una herramienta usada en la intervención tiene un acceso limitado o insuficiente para el funcionamiento adecuado, o para tener en cuenta uno o más parámetros de un dispositivo de tensado de la piel, si se usa dicho dispositivo, y/o la herramienta. En el ejemplo del trasplante capilar, la herramienta puede accionarse para extraer o implantar unidades foliculares mediante el cambio sustancialmente automático de una dirección de desplazamiento de la herramienta basándose en las posiciones de los puntos de referencia o marcadores. Los sitios de extracción e implante pueden seleccionarse basándose en uno o más criterios, uno de los cuales puede ser reducir al mínimo la interferencia de fluidos en la superficie del cuerpo. Otro de dichos criterios puede ser la selección de posiciones que no comprenden posiciones de unidades foliculares extraídas o implantadas anteriormente.

Un ejemplo del procedimiento puede comprender el registro de las primeras de una pluralidad de marcadores, y la actualización y registro de las posiciones actualizadas de al menos uno o más de la pluralidad de marcadores, por ejemplo, para tener en cuenta el movimiento, ya sea debido a interrupciones o simplemente al movimiento del paciente. El procedimiento puede comprender además la determinación de un desplazamiento de las posiciones actualizadas de al menos parte de la pluralidad de marcadores con respecto a las primeras posiciones y la selección de un sitio de intervención, tal como un sitio de extracción o implante de unidades foliculares, basándose al menos en parte en el desplazamiento determinado. En algunas realizaciones, se registran las posiciones a partir de las cuales se extraen las unidades foliculares o en las que se implantan las unidades foliculares y puede crearse una representación visual de la unidad folicular extraída o implantada.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un sistema que puede incluir un procesador que comprende un conjunto de instrucciones para ejecutar operaciones para mover una herramienta con el objeto de realizar una intervención, por ejemplo, el movimiento de una herramienta a un sitio donde se va a realizar una intervención. Por ejemplo, con referencia a una intervención de trasplante capilar, un conjunto de instrucciones pueden comprender instrucciones para la selección de un sitio de intervención desde el cual se extraerán unidades foliculares (o donde se van a implantar unidades foliculares) basándose en las primeras posiciones de la pluralidad de marcadores que aparecen en una o más imágenes de la superficie del cuerpo; y la actualización y registro de las posiciones actualizadas de al menos uno o más de la pluralidad de marcadores. Las instrucciones pueden proporcionar además una frontera de un área en una superficie del cuerpo que se determinará, por ejemplo el área desde la que pueden extraerse o en la que se implantarán unidades foliculares. Las instrucciones pueden proporcionar también la determinación de un desplazamiento de las posiciones actualizadas desde las primeras posiciones y la selección de un sitio de intervención tal como un sitio de extracción o implante de unidades foliculares basándose al menos en parte en el desplazamiento determinado. Las instrucciones pueden comprender además la instrucción para que una herramienta se mueva al sitio en el que se realizarán las intervenciones, tales como la extracción desde un lugar de extracción seleccionado o el implante en un sitio de implante seleccionado, opcionalmente, fuera o dentro de la frontera determinada. Las instrucciones pueden comprender además la instrucción para que la herramienta realice la intervención. El sistema puede comprender un dispositivo de adquisición de imágenes para proporcionar datos de imagen que contienen una o más imágenes de la superficie del cuerpo con marcadores en los mismos y una interfaz adaptada para recibir datos de imagen que contienen imágenes de una superficie del cuerpo. El sistema puede comprender además un procesador configurado para crear una representación virtual del sitio donde se ha realizado la intervención, una representación por ejemplo de cualquier unidad folicular extraída o implantada, y un monitor configurado para mostrar visualmente la misma.

El sistema de la presente invención es especialmente útil cuando se implementa en, o se integra con, un sistema automatizado, por ejemplo, un sistema robótico que comprende un brazo robótico.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un sistema y un procedimiento para controlar una dirección de desplazamiento de una herramienta con respecto a una superficie del cuerpo, en los que se hace que la herramienta

se mueva o se desplace en una dirección identificada y actúe para realizar una acción o intervención, por ejemplo, para extraer o implantar unidades foliculares en la dirección de desplazamiento. La dirección de desplazamiento o, en algunos ejemplos también una frontera, puede determinarse, por ejemplo, basándose en una pluralidad de marcadores, que puede comprender un conjunto de marcadores distintos. En algunos ejemplos, la herramienta se acciona para desplazarse en una dirección diferente a la dirección de desplazamiento cuando otro marcador está a una distancia predeterminada de la herramienta. La dirección diferente a la dirección de desplazamiento puede ser sustancialmente opuesta a la dirección de desplazamiento o puede ser sustancialmente ortogonal a la dirección de desplazamiento. Un cambio en la dirección de desplazamiento puede automatizarse sustancialmente basándose, por ejemplo, al menos en parte en la posición de los marcadores.

De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona un procesador que comprende un conjunto de instrucciones para ejecutar operaciones, incluyendo el conjunto de instrucciones las instrucciones para procesar una o más imágenes de una superficie del cuerpo con el fin de determinar las posiciones de una pluralidad de referencias distintas que aparecen en la una o más imágenes; el accionamiento de una herramienta para realizar una intervención u operación, por ejemplo, para extraer o implantar una primera unidad folicular, en una primera posición; la identificación de una dirección de desplazamiento de la herramienta con respecto a una superficie del cuerpo basándose en la primera posición y en las posiciones de al menos una de la pluralidad de las distintas referencias; la acción para que la herramienta se desplace en la dirección de desplazamiento identificada; y el accionamiento de la herramienta para realizar una acción u operación, por ejemplo, para extraer o implantar una segunda unidad folicular, en una segunda posición en la superficie del cuerpo en la dirección de desplazamiento. Las instrucciones pueden comprender además el uso de al menos una de la pluralidad de referencias distintas para definir una frontera, y el accionamiento de la herramienta para realizar la intervención u operación dentro de la frontera.

De acuerdo con otro aspecto más, se proporciona un procedimiento para definir una región de operación de una herramienta durante una intervención u operación, por ejemplo trasplante capilar. El procedimiento puede comprender la selección de un marcador en una imagen de la superficie del cuerpo y el movimiento, por ejemplo, de un dispositivo de adquisición de imágenes de tal manera que el marcador esté sustancialmente en un punto de referencia en el campo visual de la cámara. La posición del marcador se determina en un marco de referencia de la superficie del cuerpo. Puede seleccionarse un marcador posterior siendo el marcador posterior el más cercano al marcador para el cual se ha identificado la posición. El procedimiento comprende además el movimiento del dispositivo de adquisición de imágenes de manera que el marcador posterior esté sustancialmente en el punto de referencia en el campo visual de la cámara y la determinación de una posición del marcador posterior con respecto al marcador inicial. Las etapas de selección del marcador posterior y la determinación de la posición del marcador posterior pueden repetirse de forma sustancialmente automática para un conjunto de marcadores que definen una frontera de un área para realizar una intervención u operación, por ejemplo para la extracción o implante de una unidad folicular.

De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona un sistema y un procedimiento para definir una región o zona de exclusión y la información sobre la región de exclusión se usa en la determinación de la siguiente posición de intervención u operación, por ejemplo, para determinar la siguiente posición de extracción o implante. La región de exclusión es la región dentro de la cual no es conveniente una intervención u operación, por ejemplo, la región desde la cual no es conveniente extraer unidades foliculares o en la que no es conveniente implantar las unidades foliculares. En algunas realizaciones, la zona de exclusión puede definirse como un polígono cerrado, por ejemplo, un polígono de forma sustancialmente de lágrima en una superficie del cuerpo, o por ejemplo un área de donante, como el cuero cabelludo.

Otras ventajas y objetivos adicionales de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lee a la vista de las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Debe observarse que los dibujos no están a escala y sólo se proponen como una ayuda en conjunción con las explicaciones de la siguiente descripción detallada. En los dibujos, números de referencia idénticos identifican elementos o actos similares. Los tamaños y las posiciones relativas de los elementos en los dibujos no se han dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, las formas de diversos elementos y ángulos no se han dibujado a escala, y algunos de estos elementos se han agrandado y colocado arbitrariamente para mejorar la legibilidad del dibujo. Además, las formas concretas de los elementos según se han dibujado no pretenden comunicar ninguna información en relación con la forma actual de los elementos concretos, y se han seleccionado exclusivamente para facilitar el reconocimiento en los dibujos. Las características y las ventajas de la presente invención se harán más

evidentes cuando se comprendan mejor con referencia a las reivindicaciones de la memoria descriptiva, y a los dibujos adjuntos donde:

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una metodología general de un ejemplo de acuerdo con un aspecto de la invención.

La figura 2 es una representación esquemática de un ejemplo de un sistema robótico que podría implementarse en varias realizaciones de la invención.

La figura 3 es un ejemplo de un tensor cutáneo que incluye marcadores que podrían usarse en varias realizaciones de la invención.

Las figuras 4(a)-(f) muestran varios ejemplos de implementaciones de la metodología de acuerdo con un ejemplo.

Las figuras 4(g)-(h) muestran un ejemplo de acuerdo con una metodología de “zona de exclusión".

Las figuras 5(a)-(g) muestran un ejemplo de identificación y registro de marcadores.

Las figuras 6(a)-(f) muestran otro ejemplo de implementación de la metodología.

Las figuras 7(a)-(f) ilustran ejemplos de varios criterios de selección.

Las figuras 8(a)-(f) son representaciones esquemáticas que ilustran un ejemplo del uso de sitios satélite en la provisión de zonas de exclusión.

Las figuras 9(a) y (b) ilustran la diferencia entre usar y no usar la metodología de zonas de exclusión satélites.

La figura 10 es un ejemplo de una representación esquemática de una región de extracción reservada.

La figura 11 es una representación esquemática de un ejemplo de una retícula que puede visualizarse en un monitor.

Descripción detallada de la realización preferida

En la siguiente descripción detallada se hace referencia a los dibujos adjuntos que muestran a modo de ilustración algunos ejemplos de realizaciones en las que puede llevarse la invención a la práctica. A este respecto, se usa una terminología direccional, tal como “derecha”, “izquierda”, "hacia arriba”, “hacia abajo”, “vertical”, “horizontal” etc., con referencia a la orientación de la o las figuras que se describen. Dado que los componentes o realizaciones de la presente invención pueden colocarse o accionarse en una serie de diferentes orientaciones, la terminología direccional se usa para fines de ilustración y no es en ningún modo limitativa. Debe entenderse que pueden usarse otras realizaciones y pueden realizarse cambios estructurales o lógicos sin apartarse del alcance de la presente invención. Por tanto, la siguiente descripción no debe interpretarse en un sentido limitativo, y el alcance de la presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

El término “herramienta”, tal como se usa en la presente memoria descriptiva se refiere a cualquier número de herramientas o efectores finales que son capaces de realizar una acción, intervención u operación en diversas intervenciones o aplicaciones médicas. Por ejemplo, la herramienta puede ser una aguja, un bisturí quirúrgico, cuchillas, diversos tipos de pinzas, hemóstatos, instrumentos quirúrgicos, retractores, herramientas electroquirúrgicas, herramientas de ablación por radiofrecuencia, dispositivos de sutura, herramientas de colocación o eliminación de tatuajes, espéculo ocular, cánulas, trépanos o láseres. Con referencia a intervenciones de trasplante capilar, una “herramienta” puede comprender una “herramienta de extracción” o una “herramienta de implante”, y es capaz de diseccionar, extraer o implantar unidades foliculares (“UF”) a partir de o en una superficie de la piel del cuerpo, por ejemplo, un cuero cabelludo. Dichas herramientas pueden tener muchas formas y configuraciones diferentes. En muchas realizaciones, la herramienta comprende un eje tubular hueco y así puede etiquetarse, por ejemplo, de cánula, aguja o punzón. El extremo distal de dichas herramientas (por ejemplo, punzones, dispositivos de extracción de núcleo, dispositivos de corte y/o recorte, agujas), normalmente se afilan, en diversos grados, para penetrar en el tejido y extraer o implantar la unidad folicular. Los términos “conectado operativamente”, “acoplado” o “montado” o “fijado” tal como se usan en la presente memoria descriptiva, significan acoplados, fijados o montados directa o indirectamente a través de uno o más componentes de intervención.

Los procedimientos de la presente descripción pueden implementarse usando software, firmware o hardware informático. Pueden usarse diversos lenguajes de programación y sistemas operativos para implementar la presente invención.

Se han descrito intervenciones de trasplante capilar que se efectúan usando sistemas automatizados (incluidos robóticos) o sistemas controlados por ordenador, por ejemplo, en la Publicación nº US-2007/0.106.306 propiedad normalmente del beneficiario de la presente solicitud. Los sistemas robóticos, tales como sistemas robóticos de trasplante necesitan generalmente el posicionamiento preciso de una herramienta bajo control robótico. Cuando se implementa una intervención semiautomática o totalmente automatizada que necesita un control preciso de la posición, tal como trasplante capilar, es conveniente poder mantener dicho control preciso a pesar del movimiento del paciente o de interrupciones temporales. De acuerdo con un aspecto divulgado en la presente memoria descriptiva, la presente solicitud proporciona metodología para contrarrestar los efectos del movimiento del paciente o e las interrupciones de la intervención. Por ejemplo, la metodología descrita evita retrasos adicionales relacionados con la recolocación de un paciente con respecto a un robot o una herramienta automatizada, y/o la necesidad de un posible recalibrado o de un nuevo plan de tratamiento para su configuración.

De acuerdo con los diversos ejemplos descritos en la presente memoria descriptiva, se proporciona una diversidad de metodologías y sistemas que permiten que una herramienta proceda automáticamente desde donde se dejó antes de una interrupción a la que puede estar sujeta una intervención, continuando con su operación y proporcionando en esencia una intervención operatoria ininterrumpida. Los sistemas y procedimientos descritos en la presente memoria descriptiva permiten que la herramienta mantenga su dirección de desplazamiento sobre la superficie del cuerpo del paciente que tenía a pesar del movimiento del paciente u otras interrupciones, para reconocer dónde había extraído o implantado anteriormente las unidades foliculares, y continuar con el desplazamiento en esa dirección general para extraer o implantar unidades foliculares adicionales. Las invenciones descritas en la presente memoria descriptiva permiten que el sistema opere de una forma totalmente automatizada, si se desea, sin necesidad de recolocación de la base del sistema robótico, recolocación de la superficie del cuerpo, asistencia médica o intervención humana. Además, la presente descripción proporciona metodologías que permiten trabajar con una herramienta accionada por un sistema automatizado o bajo control informático para modificar su dirección de desplazamiento cuando se necesite, sin requerir necesariamente una intervención humana, aunque un usuario podría modificar cualquier movimiento automatizado si lo desea.

Aunque los diversos ejemplos y realizaciones descritos en la presente memoria descriptiva usarán unidades foliculares (agregados de ocurrencia natural de 1 a 4 folículos pilosos) o injertos capilares con el fin de describir los diversos aspectos de la invención, debería ser evidente que la comprensión general de los diversos conceptos expuestos pueden aplicarse más extensamente a otras aplicaciones apropiadas. Debe entenderse que aunque los procedimientos descritos en la presente memoria descriptiva son especialmente adecuados para su uso con un sistema robótico para extracción y/o implante capilar, pueden aplicarse a otras aplicaciones automatizadas y/o implementadas por ordenador. Por ejemplo, los dispositivos, sistemas y procedimientos descritos en la presente memoria descriptiva pueden usarse en diversas intervenciones de ablación (por ejemplo, basadas en radiación), intervenciones de biopsia, intervenciones de columna, intervenciones dermatológicas (por ejemplo, tatuaje o eliminación de tatuajes), intervenciones oftálmicas o tratamiento de diversas afecciones dermatológicas, tales como cánceres de piel). Debe observarse que los ejemplos suministrados en la presente memoria descriptiva tienen exclusivamente fines de ilustración y ejemplo, y la descripción expuesta en su conjunto no pretende ser exhaustiva ni limitativa.

La fig. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de una metodología general empleada por la presente invención. En la etapa (110) (que puede ser una etapa preliminar y se muestra en trazo discontinuo), puede obtenerse una o más imágenes de la superficie del cuerpo con uno o más puntos de referencia, tales como una pluralidad de marcadores, usando, por ejemplo, un dispositivo de adquisición de imágenes. Esto puede realizarse mediante cualquier técnica conocida en el estado de la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones puede fijarse un dispositivo de adquisición de imágenes a un brazo robótico y el brazo robótico con el dispositivo de adquisición de imágenes fijado puede colocarse de manera que la región de extracción o implante esté enfocada para las cámaras. En otras realizaciones, el dispositivo de adquisición de imágenes puede incorporarse a su vez en el sistema automatizado (por ejemplo, robótico) pero no es necesario que se fije al brazo robótico. Alternativamente, en realizaciones adicionales, el dispositivo de adquisición de imágenes podría ser un dispositivo independiente del sistema robótico. Tal como se usa en esta aplicación, un marcador es un objeto que puede actuar como referencia, y puede ser identificable en un campo visual de un dispositivo de obtención de imágenes. Los marcadores pueden adoptar muchas formas, por ejemplo, puede usarse como marcador un único punto de referencia artificial que

identifica de forma exclusiva la posición y la orientación. Sea por ejemplo, un conjunto de ejes de coordenadas impresos en una superficie. El origen, junto con las direcciones de los ejes X e Y, puede identificar de forma única la posición y la orientación de la superficie. En otro ejemplo, puede usarse como marcadores un conjunto de puntos de referencia artificiales donde cada uno especifica de forma única una posición. La combinación de tres o más de dichos puntos de referencia puede especificar un único marco de referencia que especifica la posición y la orientación. Un ejemplo podría ser esferas con diferentes colores. Una esfera especifica de forma única una posición en el espacio, pero no la orientación. Pueden usarse dos esferas más para especificar la posición y la orientación. En otro ejemplo más, pueden usarse como marcadores características naturales de una superficie que tienen patrones reconocibles únicos.

Con referencia a la extracción capilar o el trasplante capilar o a otras intervenciones que podrían realizarse en una superficie del cuerpo (incluidas varias capas de piel, cara y sus distintas partes, tales como ojos, nariz, cejas, etc.), pueden usarse como marcadores características físicas o referencias anatómicas naturales presentes en la piel o en otra superficie del cuerpo que tienen patrones reconocibles únicos (por ejemplo, unidades foliculares o pelos, lunares, cicatrices, pecas, arrugas, abultamientos o depresiones en la superficie del cuerpo, los globos oculares, los canales auditivos). En el caso de características físicas o referencias anatómicas naturales, éstas pueden ser distintas entre sí basándose en sus atributos físicos diferenciados (lo que incluye pero no se limita a tamaño, color, forma, número, altura desde la superficie del cuerpo, etc.) o en su distancia relativa desde otra característica distintiva. Por ejemplo, al trabajar en la superficie de una cabeza el patrón de puntos aleatorios de las posiciones de entrada de los cabellos en la superficie de la cabeza es suficientemente única para que pueda usarse un grupo de ellos para identificar sin ambigüedad la posición y/o la orientación. Puede usarse un algoritmo de correspondencia de patrones para reconocer el patrón capilar en las imágenes posteriores. En algunas realizaciones, los marcadores pueden ser también objetos situados en o fijos a la piel del paciente, en ocasiones denominados marcadores externos. En las realizaciones donde se usan marcadores externos pueden colocarse o fijarse directamente en la superficie de la piel en la zona del donante o receptor capilar o como alternativa pueden colocarse en algún dispositivo o instrumento que esté fijo a su vez al cuerpo, por ejemplo, un tensor cutáneo usado en las intervenciones de trasplante capilar, tal como se explica en más detalle en referencia a los ejemplos de las figuras 3 y 4.

En la etapa (115), un procesador o un procesador de imágenes, del cual se describe un ejemplo más adelante en referencia a la figura 2, procesa y registra la identidad y la posición de cada uno de los marcadores en un marco de referencia de un dispositivo de adquisición de imágenes (por ejemplo, en el campo visual de una cámara). Dicho registro inicial de marcadores podría referirse como "registro de marcador". Los marcadores podrían registrarse en diversos sistemas de coordenadas, por ejemplo, en un sistema de coordenadas de “mundo” fijo. En el ejemplo de las figuras 4(a)-4(f), los marcadores se describen según se registran en un sistema de coordenadas fijo a la cámara. En situaciones en que una imagen adquirida por el dispositivo de adquisición de imágenes incluye sólo un subconjunto de los marcadores de manera que se necesitan imágenes de marcadores adicionales, la etapa (120) proporciona la adquisición de imágenes adicionales según se necesita incluyendo, por ejemplo, otros subconjuntos de los marcadores, hasta que se han identificado todos los marcadores. (Este aspecto se describirá en mayor detalle con respecto a la figura 5). En una etapa opcional (125) (mostrada en trazo discontinuo), basándose en la posición de cada uno de la pluralidad de marcadores, puede determinarse una frontera de un área, tal como un área dentro de la cual se pretende extraer o implantar injertos capilares o unidades foliculares. Las fronteras pueden determinarse, por ejemplo, mediante líneas de dibujo entre diversos marcadores. Las fronteras también pueden ajustarse para eliminar determinadas partes del área delimitada donde la extracción o el implante son difíciles, tal como se explica y describe en mayor detalle en referencia a la figura 3. Con el fin de permitir el movimiento del paciente, interrupciones temporales y cualquier otro incidente que pudiera provocar un desplazamiento en la posición de los marcadores en el marco de referencia de la cámara, como se necesita a menudo (tal como puede ser determinado por el usuario), se adquieren imágenes actualizadas de la superficie del cuerpo, de manera que las imágenes contienen una imagen de la pluralidad de marcadores o un subconjunto de los mismos. Debido al movimiento del paciente, o cualquier otra interrupción temporal, las posiciones de los marcadores en estas imágenes actualizadas pueden estar en una posición revisada con respecto al marco de referencia del dispositivo de adquisición de imágenes. El procesador en la etapa (130) procesa la posición revisada de cada uno de la pluralidad de marcadores en el marco de referencia del dispositivo de adquisición de imágenes, pudiendo ser las posiciones revisadas de cada uno de la pluralidad de marcadores diferentes de las posiciones procesadas anteriormente. Una vez adquiridas las posiciones revisadas de los marcadores, y con el conocimiento de las posiciones originales de los marcadores, en la etapa (130) puede determinarse un desplazamiento para al menos parte o la totalidad de las posiciones de marcadores. Basándose en esta información del desplazamiento el procesador también en la etapa (130) puede procesar las posiciones revisadas para cada una de las posiciones de interés, tales como las posiciones a partir de las cuales se han extraído ya unidades foliculares (si se ha iniciado ya la extracción en una región de interés dentro la frontera) o en

las que se han implantado ya unidades foliculares (si se ha iniciado dicho implante). Opcionalmente, la etapa (130) puede comprender también la determinación de la frontera revisada, por ejemplo, del área de extracción/implante basándose en las posiciones revisadas de los marcadores. Sin embargo, en algunas realizaciones no es necesario determinar la frontera revisada completa ya que esta información puede obtenerse automáticamente basándose simplemente en el desplazamiento del número mínimo de los marcadores. En referencia al ejemplo de trasplante capilar, una vez determinados los desplazamientos, y con el conocimiento de las posiciones de las unidades foliculares que se han extraído o implantado (si existieran) con respecto a los marcadores, es posible en la etapa (135) determinar o seleccionar una posición desde la cual se extraerá el siguiente folículo piloso de manera que los folículos pilosos no se han tomado de una posición ya extraída, o determinar una posición en la que se implantará el siguiente folículo piloso de manera que los folículos pilosos no se implanten en posiciones en las que ya se han implantado folículos pilosos. Dicha selección puede realizarse usando un procesador programado para realizar la etapa descrita anteriormente, tal como un procesador descrito en referencia a la figura 2. En la etapa (140), por ejemplo, una herramienta puede moverse al sitio de intervención seleccionado, y en algunas realizaciones, la intervención puede realizarse en el sitio de intervención seleccionado: por ejemplo, puede extraerse o implantarse un injerto capilar o una unidad folicular en la posición seleccionada. Cuando se extrae o se implanta el siguiente folículo piloso, la posición desde la cual se ha extraído, o en la que se ha implantado, puede registrarse o anotarse por medio del procesador en la etapa (145). Este registro puede incluir información sobre la posición de la extracción o implante con respecto a al menos uno de la pluralidad de marcadores, o la frontera determinada. Opcionalmente, en la etapa (150), el procedimiento puede comprender la creación y visualización de una representación virtual sobre la imagen de la posición desde la cual se ha extraído la unidad folicular (o al menos diseccionado desde el tejido circundante para la ulterior eliminación con ayuda de pinzas o de vacío), o la posición en la que se ha implantado una unidad folicular. Dicha representación visual, por ejemplo, en un monitor (por ejemplo, una pantalla de ordenador) es especialmente beneficiosa para que el usuario identifique de forma sencilla y rápida las posiciones donde se han diseccionado o extraído los injertos capilares, y también diferencie entre las unidades foliculares existentes previamente y las recién implantadas. Las representaciones visuales de la etapa (150) pueden implementarse usando diferentes colores, formas u otras características diferenciadoras apropiadas. En la etapa (155) el procesador determina, basándose en la información que ha registrado con respecto al área y las posiciones de las unidades foliculares que han sido extraídas o implantadas, si las unidades foliculares han sido extraídas de todos los sitios deseados, o si las unidades foliculares han sido implantadas en todos los sitios deseados. En el caso en que todas las unidades foliculares hayan sido extraídas o implantadas, el procesador puede comunicar esta información, por ejemplo, al dispositivo de adquisición de imágenes. Además, el procesador puede comunicar esta información al usuario, suministrando normalmente una indicación al usuario (por medio del monitor, una orden de voz o cualquier otra técnica apropiada), por ejemplo, que la etapa (110) puede iniciarse de nuevo en una nueva región de donante o receptor. En el caso de que aún queden unidades foliculares para extraer o implantar, el procesador sigue repitiendo las etapas (130-155) hasta que se hayan extraído o implantado todas las unidades foliculares deseadas. Por ejemplo, las imágenes actualizadas con la información actualizada de los marcadores son procesos, desplazamientos determinados, el sitio siguiente para extracción o implante seleccionado, etc. De esta manera, se proporciona una metodología para permitir que los folículos pilosos se sigan extrayendo o implantando en una superficie del cuerpo de una forma continua y automática a pesar de los posibles movimientos de los pacientes y de las interrupciones. La herramienta tiene capacidad para moverse a cada nueva posición de extracción o implante con respecto a los marcadores, con lo que los marcadores proporcionan un mecanismo de reconocimiento de la posición del área de extracción/implante en la superficie del cuerpo, a pesar del movimiento del paciente o del dispositivo de adquisición de imágenes.

En referencia primero a la figura 2 se muestra esquemáticamente un ejemplo de un sistema que puede usarse con la presente invención. La figura 2 es una vista en perspectiva esquemática de un ejemplo de un sistema robótico (200) para extracción (y/o implante) capilar. El sistema (200) incluye un brazo robótico (205) al que se acopla una herramienta (210). Pueden incorporarse diversos motores y otros dispositivos de movimiento para permitir movimientos finos de una punta activa de la herramienta (210) en múltiples direcciones. El sistema robótico (200) incluye además al menos un dispositivo de adquisición de imágenes (215), que se describe en más detalle más adelante. El dispositivo de adquisición de imágenes puede montarse en una posición fija, o puede acoplarse (directa o indirectamente) a un brazo robótico (205) o a otro dispositivo de movimiento controlable. La punta activa de la herramienta (210) se muestra colocada sobre una superficie del cuerpo (220), en este caso una parte del cuero cabelludo del paciente que tiene folículos pilosos en la misma. En algunas realizaciones, puede proporcionarse de forma separada un dispositivo de adquisición de imágenes y no incluirse en el sistema. En estas realizaciones, puede proporcionarse una interfaz que permite que otros diversos componentes o módulos del sistema, tales como un componente de tratamiento de imágenes, interaccionen con el dispositivo de adquisición de imágenes independiente.

Un procesador (225) de la fig. 2 puede comprender un procesador de imágenes (230) para procesar imágenes obtenidas del dispositivo de adquisición de imágenes (215). El procesador de imágenes (230) puede ser un dispositivo independiente que puede incorporarse como parte del procesador (225). El procesador (225) puede dar instrucciones también a los diversos dispositivos de movimiento del brazo robótico (205), incluyendo la herramienta (210) que puede conectarse operativamente con el brazo robótico. El procesador (225) puede actuar por ejemplo, a través de un controlador (235) tal como se muestra esquemáticamente en la fig. *2:* El controlador (235) puede acoplarse operativamente con el brazo robótico y configurarse para controlar el movimiento del brazo robótico, incluyendo el movimiento basado en las imágenes o datos adquiridos por el dispositivo de adquisición de imágenes. Alternativamente, el controlador (235) puede incorporarse como parte del procesador (225), de manera que todos los procesamientos y controles de todos movimientos de todas las herramientas, el brazo robótico y cualesquiera otras partes móviles del conjunto, incluidas las basadas en las imágenes o datos adquiridos por el dispositivo de adquisición de imágenes, se concentren en un lugar. El sistema (200) puede comprender además un monitor (240), un teclado (245), y un ratón (250). En el monitor (240) puede verse una imagen aumentada de la superficie del cuerpo (220). Además, el sistema (200) puede comprender otras herramientas, dispositivos y componentes, por ejemplo, los útiles en la extracción y/o implante de los folículos pilosos, o en la planificación del tratamiento del pelo. El sistema comprende además una interfaz adaptada para recibir datos de imagen, diversas partes del sistema permiten que un operador monitorice las condiciones y proporcione las instrucciones, según sea necesario. El procesador (225) puede interaccionar con el dispositivo de obtención de imágenes (215) por medio de la interfaz (no mostrada). La interfaz puede incluir puertos de hardware, cables, tomas y otros medios de transmisión de datos o puede comprender un programa informático.

Algunos ejemplos no limitativos de un dispositivo de adquisición de imágenes (215) mostrado en la fig. 2 incluyen una o más cámaras, por ejemplo, cualquier cámara disponible en el comercio. Naturalmente, podrían usarse diversos dispositivos de captura de imágenes (o dispositivos de obtención de imágenes) con cualquiera de las realizaciones de los sistemas descritos en la presente memoria descriptiva. Por ejemplo, el dispositivo de obtención de imágenes puede tener una o más cámaras, por ejemplo, cualquier cámara disponible en el comercio. Aunque los dispositivos de obtención de imágenes estéreo o multivisión son muy útiles en la presente invención, no es necesario emplear estas geometrías o configuraciones, y la presente invención no está limitada en este sentido. Análogamente, aunque se prefiere que el dispositivo de adquisición de imágenes sea un dispositivo digital, no es necesario. Por ejemplo, el dispositivo de adquisición de imágenes podría ser una cámara de TV analógica que adquiere una imagen inicial que a continuación es procesada en una imagen digital (por ejemplo, por medio de un dispositivo analógico-digital como el grabador de tramas obtenido en los comercios) para un uso adicional en el procedimiento de la presente descripción. El dispositivo de adquisición de imágenes puede acoplarse con un sistema de procesamiento, que se muestra incorporado en el procesador (225) en la fig. 2, para controlar la operación de obtención de imágenes y procesar los datos de imagen. El procesador para su uso en la presente invención puede comprender cualquier dispositivo adecuado programado y configurado para realizar los diversos procedimientos descritos en detalle en la presente solicitud, incluidos los procedimientos dirigidos al movimiento automatizado de la herramienta de extracción/herramienta capilar para mantener o modificar una dirección deseada de desplazamiento dentro de un área del donante o el receptor capilar; o procedimientos dirigidos en referencia a las figuras 4-7. Por ejemplo, el procesador para su uso en la presente invención puede ser un procesador que comprende un conjunto de instrucciones para ejecutar operaciones, incluyendo el conjunto de instrucciones las instrucciones para procesar una o más imágenes de una superficie del cuerpo con el fin de determinar las posiciones de una pluralidad de marcadores distintivos que aparecen en la una o más imágenes (en algunas realizaciones la pluralidad de los marcadores distintivos puede definir una frontera); desplazar la herramienta a, y accionar una herramienta para extraer o implantar una primera unidad folicular en una primera posición; identificar una dirección de desplazamiento de la herramienta con respecto a una superficie del cuerpo basándose en la primera posición y en las posiciones de al menos uno de la pluralidad de los distintos marcadores; hacer que la herramienta se desplace en la dirección de desplazamiento identificada; y mover la herramienta a, y operar la herramienta para extraer o implantar una segunda unidad folicular a una segunda posición en la superficie del cuerpo en la dirección de desplazamiento. Los expertos en la materia entenderán que el procesador de imágenes para su uso con la presente invención está programado y configurado para realizar diversas técnicas conocidas de procesamiento de imágenes, por ejemplo, segmentación, detección de bordes, reconocimiento de objetos y selección. Estas técnicas son conocidas en general y no es preciso describirlas de forma separada en la presente memoria descriptiva.

A modo de ejemplo, y no de limitación, un procesador o procesador de imágenes adecuado puede ser un sistema de procesamiento digital que incluye uno o más procesadores u otro tipo de dispositivo. Por ejemplo, un procesador (procesador de imágenes) puede ser un controlador o cualquier tipo de ordenador personal (“PC”). Alternativamente, el procesador (procesador de imágenes) puede comprender un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC, Aplication Specific Integrated Circuit) o matriz de puertas programables de campo (FPGA, Field Programmable Gate

Array). El procesador puede incluir también memoria, dispositivos de almacenamiento y otros componentes conocidos generalmente en la técnica y, por tanto, no es necesario describirlos en detalle en la presente memoria descriptiva. El procesador descrito anteriormente podría usarse en conjunción con varios sistemas y dispositivos de tratamiento y trasplante capilar total o parcialmente automatizados (incluidos los robóticos) lo que incluye pero no se limita a sistemas para extracción capilar, o trasplante capilar.

Con el fin de comprender mejor cómo puede implementarse el procedimiento de la figura 1 usando un sistema como el ilustrado en la figura 2, se describe un ejemplo de disposición de marcadores externos en referencia a la figura 3. Cuando se realiza una extracción capilar, especialmente cuando se usa un sistema automatizado tal como un sistema robótico, a menudo es conveniente estirar la piel en torno al área de posición de la unidad folicular que se extraerá. Esto podría hacerse usando un dispositivo de tensor cutáneo. La figura 3 ilustra un ejemplo en el que un conjunto de marcadores únicos o distintivos (en el sentido de que son distinguibles o diferentes entre sí) se forman o se fijan en un marco de un tensor cutáneo (300) que podría usarse en la intervención de trasplante capilar para tensar la superficie de la piel de la que se extraerán los folículos pilosos. Dicho tensor cutáneo podría usarse también en algunas realizaciones durante el implante capilar si se desea tensar la superficie de la piel, en otras realizaciones podrían colocarse marcadores directamente en la superficie de la piel durante el implante de injerto capilar. Por otra parte, en algunas realizaciones podrían usarse características naturales (por ejemplo, lunares, cicatrices etc.) como marcadores. Aunque la siguiente exposición de los marcadores y de su uso se desarrollará en referencia a la figura 3 y el tensor cutáneo, los expertos en la materia entenderán que esta descripción puede ajustarse y se pretende que se apliquen los mismos principios a los marcadores colocados, por ejemplo, directamente sobre la piel o en un dispositivo distinto del tensor cutáneo, así como los marcadores naturales identificados anteriormente (por ejemplo, unidades foliculares u otras referencias anatómicas físicas). Por tanto, dichas implementaciones alternativas están dentro del alcance de la invención. El tensor cutáneo (300) puede comprender un marco flexible (305) que se apoya generalmente en un plano y se muestra que comprende un único elemento, normalmente material moldeado y está configurado de manera que puede comprimirse hacia dentro desde una posición relajada. El marco flexible (305) en el ejemplo ilustrado, incluye cuatro secciones laterales (310). Las cuatro secciones laterales (310) se muestran de forma lineal y dispuestas sustancialmente en un cuadrado, aunque pueden ser arqueadas y estar dispuestas de otra manera en diversos patrones geométricos. Cada sección lateral (310) presenta una pluralidad de perforaciones (315) para recibir púas o micropúas (no mostradas), que son pequeños elementos que sobresalen del tensor cutáneo hacia la piel por debajo para perforarla o formar una depresión en la superficie de la piel, lo que sirve como medio principal para asegurar un buen agarre entre el tensor cutáneo y la piel. Los marcadores ilustrados (320) pueden comprender, por ejemplo, un conjunto de marcadores circulares (325) siendo cada marcador circular (325) distinguible de cualquier otro marcador circular, y un conjunto de marcadores cuadrados (330) siendo cada marcador cuadrado (330) distinguible de cualquier otro marcador cuadrado. Por ejemplo, tal como se ilustra, los marcadores pueden comprender una única característica, por ejemplo un punto, y cada marcador puede ser distinguible de los demás por el tamaño de la característica (por ejemplo, el punto). Alternativamente los marcadores pueden comprender una característica (por ejemplo, un punto) que puede ser del mismo (o diferente) tamaño en cada marcador, pero los marcadores pueden ser distinguibles además entre sí, por ejemplo, por el número de características (por ejemplo, puntos) que tienen. En realizaciones alternativas adicionales, cada marcador puede comprender una característica o características diferentes. Los marcadores (320) pueden tener cualquier forma o configuración, siempre que el sistema de imágenes sea capaz de distinguir un marcador de otro. En la realización ilustrada el software de reconocimiento de imágenes podría, por ejemplo, reconocer si el marcador ha identificado un marcador circular (325) o un marcador cuadrado (330) mediante la determinación de la proporción del cuadrado del perímetro del marcador con el área del marcador. Por ejemplo, esta proporción para un marcador circular (325) es de aproximadamente 12,5, y para un marcador cuadrado (330) es de 16. Por tanto, una vez hecha esta determinación, el procesador que contiene el software de procesamiento de imágenes sería capaz de distinguir el conjunto de 6 marcadores circulares (325) del conjunto de 4 marcadores cuadrados (330), ilustrados como un ejemplo en la figura 3. Además, una capacidad similar en el procesamiento de imágenes podría permitir que el procesador determinara que la proporción entre el área del punto individual más pequeño (335) en el marcador circular (325) y el área del marcador circular en sí fuera menor que la proporción entre un punto individual grande (340) en el marcador circular (325). En consecuencia, los marcadores (320) identificables de forma individual, como los ilustrados por ejemplo en la figura 3, podrían usarse para implementar los procedimientos de la presente solicitud. Los marcadores (320) pueden colocarse a una distancia conocida de los bordes internos que forman una abertura central (350) del tensor cutáneo. En el ejemplo de la figura 3, esta distancia conocida se ilustra como distancia (355) y se muestra como una distancia desde un borde interno del tensor a un punto (345) en un marcador donde el punto (345) es el más cercano a la abertura central (350) del tensor cutáneo (320). Alternativamente, la distancia (355) puede medirse desde el borde interno del tensor cutáneo hasta un centro del marcador relevante. Por ejemplo, en algunas realizaciones la fila de marcadores se coloca de manera que la distancia (355) puede estar comprendida entre 1 mm y 10 mm (y en algunas realizaciones puede estar comprendida

además entre 2 mm y 4 mm) desde los bordes internos del dispositivo tensor (300). En otras realizaciones, dependiendo de la aplicación, esta distancia (355) puede tener intervalos muy diferentes. Los marcadores pueden usarse para delimitar un área, por ejemplo, para la extracción, y puede ser necesario tener una relación conocida con dicha área. El procesador puede comprender un algoritmo que detecte que los marcadores en cada lado del tensor cutáneo (o sobre la piel u otra superficie alternativa), se ajustan en sus líneas a las cuatro (en el ejemplo de la figura 3) filas de marcadores y calcule un cuadrilátero cuyos vértices estén formados por la intersección del plano de ajuste óptimo que contiene todos los marcadores con planos que pasan a través de cada línea y normales al plano de todos los marcadores. Basándose en lo anterior y en la distancia conocida desde el borde cercano del tensor cutáneo a los marcadores, el procesador es capaz consiguientemente de identificar y calcular el área o abertura central (350) delimitada por las cuatro secciones laterales del tensor cutáneo, que podría representar el área dentro de la cual se desea extraer (o implantar) los folículos pilosos.

El uso de un tensor cutáneo (300) para alojar los marcadores (320), puede requerir tener en cuenta otros factores cuando se identifica el área delimitada real donde se extraerán o implantarán las unidades foliculares. Uno de estos factores es que el tensor cutáneo en sí tenga una profundidad o altura asociada, es decir, no se alinee normalmente con el paciente, la superficie del cuerpo, sino que esté elevado por encima de la superficie del cuerpo en cierta medida. Se observará también que el ángulo en el que se extienden las unidades foliculares desde la superficie del cuerpo del paciente varía. Para este fin, pueden darse situaciones en las que aunque pueda existir una unidad folicular cercana a los bordes internos del tensor cutáneo (300), debido a la profundidad/altura del tensor cutáneo y/o al ángulo con el que emerge la unidad folicular desde la piel, la herramienta que se colocará dentro de la abertura central (350) del tensor puede no ser capaz de orientarse adecuadamente con respecto a la unidad folicular sin interferir con los bordes internos del tensor que define la abertura (350). Por tanto, podría no obtenerse una extracción adecuada de la unidad folicular. Por este motivo, además de usar la información de una distancia conocida desde los marcadores a los bordes internos que definen la abertura central (350), el procesador puede configurarse también para tener en cuenta, por ejemplo, una profundidad o altura del borde interno del tensor; y/o un ángulo y dimensiones de la herramienta/punzón cuando se orienta con respecto a un injerto capilar para su extracción (o con respecto a una orientación deseada del injerto capilar para su implante). Cuando se tienen en cuenta estas distancias, ángulos y otros parámetros relevantes, el procesador puede determinar, usando un sencillo cálculo trigonométrico, una frontera revisada (360). Esta frontera revisada (360) proporciona una distancia predeterminada desde los marcadores a la que la herramienta puede acercarse con seguridad sin encontrarse con las fronteras internas físicas del dispositivo tensor en sí, sin encontrarse con elementos que procedan de una o de las dos entre la profundidad/altura asociada con el dispositivo tensor, sin encontrarse con cuestiones relativas al procesamiento de las imágenes que procedan de la sombra proyectada por el dispositivo tensor en la superficie del cuerpo y/o el ángulo de acercamiento de la herramienta. Alternativamente, puede realizarse un cálculo en cada pelo en el campo visual con el fin de permitir la selección de sólo aquellos pelos a los que puede llegarse sin que aparezca esta interferencia desde el dispositivo tensor o cuestiones relativas a dimensiones inadecuadas de la herramienta. Esta selección puede ser hecha por un usuario basándose en la introducción de criterios especificados por el usuario por medio de, por ejemplo, un teclado, seleccionados por medio del ratón, o bien la selección puede ser proporcionada por un algoritmo automatizado, para extraer o implantar en consecuencia la siguiente unidad folicular. Una vez consideradas y tenidas en cuenta todas estas variaciones puede usarse la posición de los marcadores para calcular si la herramienta de extracción o implante capilar dejará el camino libre al tensor durante la intervención de trasplante.

En este momento pueden seleccionarse también criterios de entrada adicionales relativos a los parámetros de la intervención, lo que permite la automatización de la intervención. De forma similar a lo descrito anteriormente, estos parámetros pueden introducirse por medio de un teclado o un dispositivo de entrada remoto, o seleccionarse por medio del ratón, o bien la selección puede proporcionarse mediante menús desplegables de un algoritmo automatizado o similar a dichos medios. De esta manera, el usuario puede seleccionar, en referencia a la extracción o implante capilar, por ejemplo, que la distancia mínima desde cualquier sitio de extracción previo sea de al menos 2,0 mm, la distancia mínima desde un sitio de extracción antes omitido sea, por ejemplo, de al menos 0,5 mm, de forma similar, también puede seleccionarse la distancia de desplazamiento del tensor desde cada lado, o el tipo de unidad folicular que se extraerá (F2, F3 o F4, por ejemplo), o cualquier otro de estos parámetros. En lo que respecta a otras intervenciones, los parámetros apropiados pueden seleccionarse de una forma similar. Por ejemplo, en una aplicación de eliminación de un tatuaje por láser, el usuario puede seleccionar el ángulo del láser con la superficie del cuerpo y/o la distancia del láser con respecto a la piel. Si en lugar de un tensor se usa algún otro dispositivo de fijación de la frontera, el usuario puede seleccionar diversas distancias tal como se describe anteriormente (por ejemplo, desplazamiento en cada una, etc.).

La presente invención usa un conjunto de identificación de marcadores tal como se describe anteriormente, para

facilitar la automatización de un sistema robótico, tal como un sistema de extracción o implante de unidades foliculares. En algunas realizaciones uno o más de los marcadores son distinguibles de los otros, en otros, todos los marcadores son distinguibles entre sí. Los marcadores actúan como objetos, o marcas de referencia en un campo visual de un dispositivo de adquisición de imágenes. Estos marcadores de identificación, cuando se visualizan en una imagen, pueden reconocerse en la imagen, y pueden ser reconocibles individualmente unos de otros en las imágenes posteriores. Los marcadores pueden identificarse físicamente mediante un código de barras 1-D, un código de matriz de datos 2-D, marcas conocidas como caracteres alfanuméricos, una serie de puntos, una serie de barras, o cualquier otro tipo de identificador único o esquema personalizado. Tal como se menciona anteriormente, la relación entre el perímetro y el área, la proporción de área de las características internas con respecto a las características externas y el número de características internas pueden combinarse para asegurar que pueda determinarse un identificador único para cada marcador.

Las figuras 4(a)-4(f) ilustran el modo en que pueden implementarse las etapas de la figura 1 usando el sistema de la figura 2 y los marcadores, por ejemplo, de forma similar a la que se ilustra en la figura 3. En la figura 4(a) se ilustra un dispositivo tensor (400). Con el fin de explicar más fácilmente los diversos procedimientos de la actual descripción, en vez de usar los marcadores tal como se ilustra en la figura 3, la exposición usará marcadores (405) que se ilustran como una serie de caracteres alfabéticos, A a F a lo largo de las secciones laterales verticales del tensor cutáneo, y un conjunto de caracteres numéricos 1 a 8, a lo largo de las secciones laterales horizontales del tensor cutáneo. Generalmente los marcadores pueden colocarse en posiciones arbitrarias con respecto a un área de trabajo. Tal como se menciona anteriormente, los marcadores se colocan de manera que una característica conocida del marcador, por ejemplo el centro de cada marcador, o una frontera conocida del marcador está a una distancia conocida desde el borde de delimitación interior del tensor cutáneo. Por ejemplo, los marcadores pueden comprender etiquetas adhesivas de forma circular que se fijan al dispositivo tensor, siendo los bordes de las etiquetas adhesivas de forma circular tales que el tamaño de la etiqueta es menor que el tamaño de las estructuras verticales y horizontales del dispositivo tensor al que se fija, de manera que cuando se colocan en el dispositivo tensor, los marcadores en sí pueden estar situados, por ejemplo, en la región de 2 mm aproximadamente desde la frontera interior del dispositivo tensor. Es conveniente colocar los marcadores (ya estén en el tensor, o en la piel en sí) o localizar marcadores naturales, tales como unidades foliculares, de manera que la posición relativa de los marcadores no cambie, o si lo hace, no cambie de forma significativa durante la intervención. El sistema, en particular el procesador, puede procesar imágenes adquiridas por el dispositivo de adquisición de imágenes para detectar un movimiento relativo sustancial, por ejemplo movimiento en la región de 1 mm en un campo visual en la región de 50 mm, que puede originarse, por ejemplo, por error de identificación o por despegue de un marcador (si se trata de un marcador colocado externamente), y comunicar dicho error de manera que puedan tomarse medidas en caso necesario para compensar o corregir el error. Naturalmente, la superficie en la que se colocan los marcadores tiene libertad para moverse (por ejemplo, el paciente mueve la cabeza o se levanta). La traslación y rotación de la superficie con los marcadores debido a movimientos puede calcularse en cualquier momento cuando son visibles al menos tres marcadores colineales. Cuando se detectan posiciones de marcadores desplazadas y/o giradas (por ejemplo, por un dispositivo de obtención de imágenes y/o un software o hardware de procesamiento de imágenes que puede formar parte de un sistema de obtención de imágenes), la intervención puede proseguirse en el siguiente sitio de extracción. Si son visibles menos de tres marcadores colineales, se realiza otro intento de obtener la imagen y registrar los marcadores de manera que se hagan visibles tres o más marcadores, tal como se describe en más detalle en referencia a las figuras 5(a)-5(g).

De acuerdo con la metodología de un ejemplo y con referencia a la figura 4(a) la posición y opcionalmente la orientación de cada uno de los marcadores (405) puede identificarse, registrarse y guardarse electrónicamente por medio del procesador de imágenes. Además, el usuario puede especificar también por medio de un dispositivo de entrada tal como el teclado o el ratón, información relativa a los parámetros físicos del dispositivo tensor (400) (si se usa dicho dispositivo tensor) y la herramienta, información tal como la altura del dispositivo tensor (400) con respecto a la superficie del cuerpo y el diámetro de la herramienta, por ejemplo. Basándose en esta información, el procesador puede, opcionalmente, determinar la posición y la orientación de una frontera revisada (410). Como ayuda para comprenderlo, se supondrá que los marcadores (405) se registran en el sistema de coordenadas del dispositivo de adquisición de imágenes, que tal como se indica anteriormente está en el brazo robótico, aunque pueden registrarse en cualquier marco de referencia apropiado.

Una vez registrada la posición y posiblemente la orientación (cuando sea aplicable) de cada uno de los marcadores (405), el procesador de imágenes identifica la posición y opcionalmente la orientación, de uno o más sitios de extracción (o implante) capilar (415), y puede registrar y guardar electrónicamente dicha información identificada. Opcionalmente, si se ha determinado la frontera revisada (410), el procesador de imágenes identifica la posición y posiblemente la orientación de uno o más sitios de extracción (o implante) capilar (415) dentro de la frontera

revisada (410). La información sobre la posición y orientación del sitio de extracción (o implante) se registra y se almacena en lo que respecta a la posición y orientación de los marcadores (405). Se permite así la monitorización y el control, por ejemplo, de la separación entre pelos para evitar una extracción insuficiente (cuando la densidad de extracción es demasiado baja) y una extracción excesiva (cuando la densidad de extracción es demasiado elevada). La densidad óptima puede mantenerse sólo si el sistema, tal como el sistema robótico es capaz de mantener su conocimiento del área de extracción (implante), y usar el área completa disponible para extracción o implante. Cuando los marcadores se usan para definir las fronteras, por ejemplo del área de extracción, la extracción puede realizarse automáticamente tan cerca como se desee de esa frontera. El mecanismo de extracción puede activarse automáticamente para iniciar una nueva fila cuando se acerca a la frontera, y puede detenerse automáticamente cuando se ha extraído el área completa delimitada por los marcadores. La automatización de la intervención de la extracción capilar (o implante capilar) se facilita mediante el mantenimiento de la dirección de extracción y la separación entre filas a pesar del movimiento del paciente tal como se expone a continuación.

Las figuras 4(a)-4(f) se expondrán, a modo de ejemplo, en referencia a la extracción capilar, y suponiendo que se usan fronteras revisadas (410). Sin embargo, debe entenderse que esta descripción se aplica y podría ajustarse de forma consiguiente en referencia a un implante capilar, y para eliminar la determinación de fronteras revisadas (410). Tal como se ilustra en la figura 4(a) la herramienta de extracción se acciona para iniciar la intervención de extracción desde la esquina inferior izquierda del área delimitada en forma de cuadrilátero, delimitada por la frontera revisada (410). Durante el proceso de trasplante capilar, a menudo estarán presentes diversos líquidos, lo que incluye por ejemplo, sangre y suero salino, en la superficie del cuerpo. Se descubrió que resulta aconsejable, especialmente en las intervenciones de trasplante capilar robóticas o implementadas por ordenador, que el proceso de extracción o implante comience desde la parte inferior del marco, ya sea en la esquina derecha o en la izquierda. De este modo si apareciera sangre o cualquier otro líquido tendería a fluir hacia abajo, y por tanto, será menos probable que perturbe la imagen de los posibles sitios de extracción o implante capilar posterior, optimizando así cualquier tratamiento de imágenes que pudiera implementarse. La herramienta de extracción puede moverse a la posición inicial o primera de extracción, tal como la posición (415) en la figura 4(a), directa o indirectamente por parte del médico (por ejemplo, el médico puede pulsar en la imagen para identificar la posición de extracción deseada), o bien el procesador puede ser configurado o programado para encontrar por sí mismo esta posición, por ejemplo, basándose en la información que ha adquirido sobre los marcadores, con lo que el procesador puede proporcionar instrucciones a la unidad de control para que mueva la herramienta de forma consiguiente.

En este caso en particular, se ha indicado a la herramienta que se mueva a la posición que corresponde aproximadamente a la posición C5, y la herramienta se acciona para extraer una unidad folicular en el sitio de extracción (415). En un ejemplo de acuerdo con la metodología proporcionada, el procesador puede crear una representación visual de la posición en el sitio en el que se ha extraído la unidad folicular. Esta representación puede comprender una forma circular como la ilustrada, una cruz o cualquier otra visualización. La representación visual o el marcado del sitio de extracción (o implante) es beneficioso para el usuario del sistema, proporcionando una imagen visual del lugar en que se han producido las extracciones (o implantes). Por otra parte en algunas realizaciones, puede ser conveniente resaltar la representación visual mencionada anteriormente del sitio de extracción o implante en un color distintivo. A continuación se controla la herramienta para que se mueva en la dirección representada por la flecha (420), a lo largo de la fila definida por la línea virtual C-F, sustancialmente paralela a un lado horizontal de la frontera revisada (410). Aunque por comodidad, los dibujos de esta aplicación muestran que el implante o extracción de la unidad folicular tiene lugar en filas y columnas rectas, los expertos en la materia comprenderán que las unidades foliculares de crecimiento natural no crecen en filas y columnas rectas y no hace falta decir que no se pretende que la presente invención se entienda de una forma tan restrictiva. La explicación de columnas y filas se ha usado sólo para facilitar la comprensión, y dentro del alcance de la solicitud se encuadran las posiciones en cualquier posición de referencia.

Tal como se indica en la figura 4(b) el procesador puede configurarse para accionar la herramienta de manera que extraiga unidades foliculares en posiciones predeterminadas, como en este ejemplo, sortear, por ejemplo, las posiciones en la fila C-F entre las posiciones de marcador 5 y 7 sin extracción de una unidad folicular, y realizar esta segunda extracción o posterior en la posición (425) que podría definirse como C7. Debe entenderse que la posición de extracción seleccionada, por ejemplo, en la fila C-F no debe estar exactamente en el nivel de la posición de los marcadores (405) (como el marcador 7), ya que el marcador puede estar en cualquier lugar y a cualquier distancia de un marcador determinado (por ejemplo, entre el nivel de marcadores 6 y 7). Cuando el procesador determina que la herramienta está a una distancia predeterminada con respecto al marcador F y se ha llegado al final de esta primera fila de extracción o de la frontera revisada (410), el procesador proporciona instrucciones a la unidad de control para que haga que la herramienta se desplace en una dirección aleándose del marcador F para pasar automáticamente a la siguiente fila de extracción. En este caso en particular, tal como se ilustra en la figura 4(c), la

herramienta se controla de manera que se desplace inicialmente en una dirección ascendente (430), de F a E, y después en una dirección denotada por la flecha (435), alejándose de E, y alejándose de la frontera revisada (410), y a lo largo de la línea virtual EB. En este caso, la herramienta se controla para que se desplace a un sitio de extracción (440) situado aproximadamente en B-8, y se acciona para que extraiga una unidad folicular en esa posición antes de seguir adelante. Este procedimiento puede continuar sin necesitar la intervención del operador o del médico. Debe entenderse, sin embargo, que el operador puede intervenir en cualquier momento para corregir el movimiento automatizado y seleccionar una unidad folicular diferente para su extracción, si lo desea o lo considera necesario. El sistema está configurado para dirigir una herramienta para que se mueva y opere, por ejemplo, al menos basándose en parte en la posición de los marcadores. De esta manera, la herramienta puede accionarse para funcionar automáticamente cuando se acerca a la frontera revisada y empezar con la siguiente fila del proceso de extracción, y para detenerse automáticamente cuando en el área delimitada por la frontera revisada (410) se han extraído todas las unidades foliculares deseadas.

De acuerdo con otro ejemplo de implementación de acuerdo con las invenciones descritas en la presente memoria descriptiva, la figura 4(d) indica una posición (445) denotada por una “X”, en la que se pretende extraer la siguiente unidad folicular. Sin embargo, supongamos que por alguna razón se produce una interrupción, tal vez porque el paciente se mueve, o bien abandona temporalmente la silla de intervención; o simplemente se desplaza para conseguir una postura más cómoda. Aun cuando el paciente se haya movido, la vista observada por la cámara que está situada en este caso en el brazo robótico, permanecerá sustancialmente sin cambios en el contexto global, es decir, la vista con respecto a la silla será la misma (suponiendo que la silla no se mueve con respecto al robot). Sin embargo, la vista con respecto a la superficie del cuerpo del paciente puede ser diferente. Tal como se indica en la figura 4(e), la superficie del cuerpo del paciente puede haberse movido de manera que puede verse que las unidades foliculares existentes se han movido a la derecha, y hacia arriba, en el marco de visión (450). Si la herramienta se desplazó para extraer la siguiente unidad folicular en una posición con coordenadas de referencia con respecto al marco de visión (450), puede verse que la unidad folicular se extraería desde una posición (455) marcada con la “X” que no es la posición original deseada marcada como (445) en la figura 4(d). Tal como se indica en la figura 4(e), esta posición (455) está cerca de otra unidad folicular (460) que podría resultar dañada por la extracción de la posición (455). Esta posición (455) está cerca también de una posición desde la cual ya se ha extraído otra unidad folicular, la posición (465). Por otra parte, así no se mantendría la separación pretendida entre filas de las unidades foliculares extraídas, y no se mantendría la separación pretendida de las unidades foliculares extraídas entre sí. Al registrar el sitio de extracción pretendido con respecto a los marcadores (405) el sistema robótico es capaz de evitar parte o la totalidad de estos errores, y además es capaz de continuar con el proceso de extracción sin requerir necesariamente una intervención importante del médico para hacerlo. El sistema robótico está configurado para determinar la posición y orientación de cada uno de los marcadores (405), y comparar estas posiciones y orientaciones nuevas o revisadas con la información ya guardada en cada uno de los marcadores distintivos (405). Por ejemplo, en este caso en particular, se determinará que la posición de cada uno de los marcadores (405) se ha movido una cierta distancia hacia el lado derecho del marco de visión, y también una cierta distancia en una dirección ascendente. Usando técnicas de seguimiento de marcadores que son conocidas en la técnica, el sistema es capaz de determinar cómo se ha transformado cada uno de los marcadores identificados inicialmente en su posición y orientación, y determinar la transformación que es preciso aplicar en la posición (455), para reubicar esa posición (455) con respecto a los marcadores (405). Una vez adquirida esta información, el procesador es capaz, usando técnicas de transformación conocidas para modificar la información de posición y orientación de la posición de implante pretendida (455) de forma consiguiente, aplicando la transformación necesaria de las coordenadas de la posición, de manera que la herramienta pueda ser accionada para desplazarse al sitio de extracción correcto (470) (que corresponde al sitio marcado originalmente (445)), tal como se ilustra en la figura 4(f). De esta manera, el sistema está configurado para hacer funcionar la herramienta de extracción de unidades foliculares de manera que mantenga su dirección de extracción que está a lo largo de la fila virtual A-D, a pesar del movimiento del paciente. Además, el sistema está configurado para garantizar que la extracción no se produce en sitios donde la extracción ya ha tenido lugar, lo que permite mantener la separación entre sitios y la separación entre filas. Para este fin se ha realizado una provisión de la imagen visual, por ejemplo, en forma de círculos centrados en torno al lugar en que se ha realizado la extracción, proporciona al usuario una representación visual que confirma que la extracción ha tenido lugar en la separación entre sitios y la separación entre filas deseada. Obviamente, si las representaciones circulares visuales no se correspondieran con el resultado deseado, el usuario tiene la oportunidad, basándose en el reconocimiento de la desviación con respecto a lo esperado, de corregir cualquier error que puede ser visualizado. Esta corrección puede implementarse en cualquier momento en que se haya detectado una desviación con respecto a lo esperado, y pueden realizarse múltiples correcciones a través de cualquier intervención. De esta manera, el sistema es capaz de extraer unidades foliculares a pesar del movimiento del paciente. Se observará que aunque lo anterior se ha descrito en lo que respecta al proceso de extracción, las metodologías descritas anteriormente pueden adaptarse fácilmente para aplicarlas al proceso de implante, u otras

intervenciones.

De acuerdo con otro aspecto de esta solicitud, las posiciones de extracción e implante podrían usarse para definir "zonas de exclusión" en torno a los sitios de extracción o implante. Por ejemplo, pueden usarse características o estructuras formadas arbitrariamente para facilitar la selección del siguiente sitio de extracción o implante, que opcionalmente puede representarse visualmente ante el usuario. En una realización, el perímetro o el perfil de la característica formada arbitrariamente puede adaptarse para indicar una zona de exclusión, que es un área dentro de la cual debe evitarse la selección del siguiente sitio de extracción potencial o sitio de implante potencial. A continuación se proporciona una exposición más detallada de la zona de exclusión tal como se usa en la presente solicitud.

Como ayuda para comprender la zona de exclusión, considérese primero una situación en la que no se permite la extracción o implante cuando la distancia entre el sitio propuesto y cualquier sitio de extracción previo es menor que un radio dado, y la herramienta de extracción penetra en una superficie del cuerpo de forma sustancialmente ortogonal a la superficie del cuerpo. En esta situación, puede usarse un simple círculo (que representa una zona de exclusión) para facilitar la selección del posterior sitio de extracción o implante capilar, creando el perímetro alrededor de un nuevo sitio de extracción/implante posible. El perímetro de dicho círculo será mayor que el posible sitio de extracción/implante para proporcionar una zona de exclusión alrededor del sitio de extracción/implante, que es un área en la que la herramienta debería evitar la extracción/implante de una unidad folicular posterior. Por ejemplo, dicha extracción/implante debería evitarse si, además del posible sitio de extracción/implante, existe también una posición de sitios de extracción/implante anteriores dentro del perímetro del círculo, o tal vez a una distancia predeterminada del perímetro. La zona de exclusión puede basarse en varios criterios, incluyendo, por ejemplo, la evitación de problemas tales como el hecho de que el posible sitio de extracción/sitio coincida, se interseque con o esté demasiado cerca de un sitio de extracción/implante ya existente o simplemente la definición de la separación mínima de unidades foliculares que deben ser extraídas/implantadas por motivos médicos o estéticos.

La metodología anterior funciona bien si se supone que la herramienta de extracción entra en la superficie del cuerpo sustancialmente ortogonal a la superficie del cuerpo. Sin embargo, en general los pelos no crecen ortogonales a la superficie del cuerpo, o al menos la porción del pelo situada debajo de la superficie del cuerpo no crece sustancialmente ortogonal a la superficie del cuerpo. Por tanto, es más probable que una herramienta de extracción se acerque al cuero cabelludo en un cierto ángulo. Supóngase que este ángulo es un ángulo agudo. Debido al ángulo agudo del acercamiento, y a la velocidad de acercamiento, la herramienta (por ejemplo, un punzón de extracción) puede tender a superar la piel, deslizándose un poco más de lo que tal vez se pretendía originalmente, y entrará en la superficie del cuerpo ligeramente descentrada con respecto al sitio de extracción pretendido. Cuando el punzón entra en la superficie del cuerpo, lo hace en un ángulo, y por tanto si sigue penetrando en el tejido del cuerpo, lo hace también en un ángulo. A medida que la herramienta de extracción penetra en la superficie del cuerpo, el extremo distal de la herramienta de extracción puede no sólo entrar en la superficie del cuerpo en una posición que difiera del punto de entrada pretendido (el sitio de extracción pretendido), sino que el extremo distal de la herramienta de extracción puede alcanzar también una posición bajo la superficie del cuerpo que difiere de la dirección horizontal desde la posición de entrada original en la superficie del cuerpo. Por tanto es posible que al hacerlo el extremo distal de la herramienta de extracción pueda coincidir con o intersecar a un sitio de extracción previa o un sitio de implante previo. En esta situación especial, al basarse en una característica de forma circular puede provocarse una superposición no intencionada con una posición de extracción o implante existente, y por tanto, pueden crearse problemas potenciales. Por ejemplo, la extracción de una unidad folicular que está demasiado cerca de un sitio de extracción anterior puede hacer que la piel entre las dos extracciones se desgarre, para dar como resultado un sangrado o una cicatrización excesivos.

Por tanto un aspecto de esta descripción consiste en proporcionar una zona de exclusión que esté adaptada para admitir al menos uno o más de diversos factores, por ejemplo, con referencia al trasplante capilar, una distancia mínima entre extracciones, una distancia mínima entre implantes, el diámetro de la herramienta, el ángulo de acercamiento de la herramienta, la dirección y/o velocidad de acercamiento de la herramienta o la profundidad de penetración de la herramienta. En referencia a otras intervenciones médicas, se adaptará una zona de exclusión para los factores apropiados para dichas intervenciones. Dicha zona de exclusión puede comprender cualquier figura cerrada con configuración poligonal, ya tenga forma oval, elíptica, de lágrima o cualquier característica de forma arbitraria configurada para admitir o tener en cuenta los ejemplos de los factores mencionados anteriormente. Los parámetros de la zona de exclusión (su tamaño, forma y posición) proporcionan información que puede ser usada por el procesador en la selección del siguiente sitio de extracción o implante, para excluir la extracción o implante en regiones ya extraídas o implantadas o para evitar acercarse demasiado a dichas regiones si tales regiones están en la superficie de la piel o por debajo de ella. También proporciona una indicación visual al usuario de que se están

realizando selecciones adecuadas de los sitios de extracción o implante por parte del sistema automatizado de trasplante capilar.

De acuerdo con un aspecto, a modo de ejemplo, se proporciona un procedimiento para definir una región de exclusión de operación de una herramienta durante un trasplante capilar. El procedimiento puede comprender el suministro de instrucciones de procesamiento que pueden hacer que se cree una zona de exclusión alrededor de un sitio posible de extracción/implante, la zona de exclusión puede basarse en al menos una o más de una distancia mínima entre extracciones, una distancia mínima entre implantes, el diámetro de la herramienta, el ángulo de acercamiento de la herramienta, la dirección y/o velocidad de acercamiento de la herramienta o la profundidad de penetración de la herramienta. El procedimiento comprende además la determinación de la existencia de algún sitio de extracción o implante anterior que pueda estar situado dentro de la zona de exclusión, además del sitio de extracción/implante propuesto. Si un sitio de extracción o implante anterior está situado dentro de la zona de exclusión el sitio de extracción o implante propuesto se omite, no se procede a la extracción/implante y el procesador puede seleccionar otro sitio de extracción o implante propuesto, y volver a verificarlo. Este proceso de selección puede continuar hasta que se seleccione un sitio que supera la prueba de la zona de exclusión, por ejemplo, la prueba de que no existen sitios de extracción o implante previos dentro de su zona de exclusión.

Las figuras 4(g) y 4(h) ilustran un ejemplo que usa una metodología de región de exclusión. Con referencia primero a la figura 4(g) se identifican posiciones ya extraídas (472 y 474) con representaciones circulares (476 y 478) que indican regiones más grandes centradas en torno a las posiciones de extracción (472 y 474). Estas representaciones circulares (476 y 478) proporcionan una imagen visual de áreas de las que no es conveniente realizar extracción de unidades foliculares adicionales, ya que estarían demasiado cerca de unidades foliculares ya extraídas. El procesador puede seleccionar una posible posición de extracción (480), que está fuera de las representaciones circulares (476 y 478). Además, el procesador crea una característica de forma arbitraria (482), que en este caso está formada a modo de lágrima, alrededor de la posible posición de extracción (480). Como puede verse en la figura, la forma de la característica (482) puede describirse como un círculo alrededor de la posible posición de extracción (480), que se ha extendido, o estirado en la dirección (484), que es la dirección en la que se desplaza y se inclina la herramienta para la extracción, formando así la forma de lágrima (o zona de exclusión). Una vez creada esta zona de exclusión (482), el procesador determina si los sitios extraídos se encuentran dentro de la zona de exclusión (482) además del posible sitio de extracción (480). En este caso, puede verse que el sitio de extracción ya existente (472) se encuentra dentro de la zona de exclusión de la lágrima (482), y así el procesador determinará que este posible sitio de extracción (480) no es un sitio en el que debería extraerse una unidad folicular. La extracción de una unidad folicular a partir de esta posición (480), con la herramienta orientada en el ángulo seleccionado y en la dirección (484), podría crear posiblemente una trayectoria de extracción que coincidiría o se intersecaría con la trayectoria ya existente que se creó en la posición (472). Por tanto el procesador selecciona un posible sitio de extracción alternativo, por ejemplo el indicado en la figura 4(h).

En la figura 4(h), se identifican una vez más las posiciones ya extraídas (472 y 474) con representaciones circulares (476 y 478) que indican regiones más grandes centradas alrededor de las posiciones de extracción (472 y 474), de las cuales no es conveniente extraer unidades foliculares adicionales. El procesador selecciona una posible posición de extracción (486), que está fuera de las representaciones circulares (476 y 478). Además, el procesador crea una característica de forma arbitraria (490) (o zona de exclusión) que una vez más tiene forma de lágrima, alrededor de la posible posición de extracción (486). Como puede verse en la figura, la forma de la característica (490) puede describirse como un círculo alrededor de la posible posición de extracción (486) que se ha extendido, o estirado en la dirección (488), que es la dirección en la que la herramienta se desplaza y se inclina para la extracción, formando así una forma tiene forma de lágrima. Una vez creada esta zona de exclusión (490), el procesador determina si existe algún sitio extraído que esté situado dentro de la zona de exclusión (490) además del posible sitio de extracción (486). En este caso, aunque existen unidades foliculares dentro de la zona de exclusión (490), por ejemplo, el sitio de extracción (492), ninguna de ellas ha sido todavía objeto de extracción. Por tanto, un candidato o posible sitio de extracción (486) es un candidato aceptable, y el procesador puede determinar que este posible sitio de extracción (486) podría ser objeto de extracción sin intersecar ninguna trayectoria de extracción ya existente.

La generación de representaciones visuales que definen zonas de exclusión que están centradas, por ejemplo, alrededor de un sitio de extracción, puede crear una imagen que tiene numerosas representaciones superpuestas, y en consecuencia una imagen que tiene numerosos huecos formados entre cada una de las distintas zonas de exclusión. Así se ilustra en la figura 8(a) en la que sitios de intervención ya existentes, tales como los sitios de extracción (805, 810 y 815), tienen asociadas cada uno las zonas de exclusión (820, 825 y 830) respectivamente, creadas tal como se describe anteriormente. Las zonas de exclusión (820, 825 y 830) crean un hueco (835) tal como se ilustra. Los huecos como éstos tienden a crear una representación visual bastante “poco amigable” para el

usuario y el procesador. Una imagen con un número inmenso de estos huecos puede hacer difícil para el ojo identificar fácilmente o enfocar huecos “más grandes”, y también puede consumir tiempo de procesamiento adicional por parte del procesador. Al evitar la creación de estos huecos, y en particular los huecos relativamente pequeños puede crearse una representación visual que es más agradable para la vista, una representación visual más “amigable” para el procesador y/o el usuario, en la que los huecos son menores y más fáciles de identificar. Esto resulta especialmente beneficioso, por ejemplo, en situaciones en que se desea una selección manual de las unidades foliculares, situaciones en que por ejemplo, el usuario puede seleccionar manualmente las unidades foliculares que se extraerán que fueron omitidas por un algoritmo de selección automático o cerca del tensor cutáneo pero que todavía pueden extraerse según el criterio del usuario.

Una forma en la que es posible evitar el hueco (835) ilustrado en la figura 8(a) consiste en usar una metodología alternativa o adicional que sirve para rellenar los huecos entre las zonas de exclusión (820, 825 y 830). En una realización, se usa más que de un sitio de extracción de unidades foliculares existente para crear una representación visual de la zona de exclusión para esa unidad folicular extraída en particular. Por ejemplo, en un procedimiento semejante para crear una representación visual de la zona de exclusión, la representación visual se genera usando no sólo la unidad folicular recién extraída, sino usando información de sus sitios vecinos o satélite, los sitios de unidades foliculares extraídas anteriormente que están en estrecha proximidad con la unidad folicular recién extraída.

La figura 8(b) muestra los dos sitios de unidades foliculares extraídas existentes (805 y 810), y un sitio (815) que representa un sitio de una unidad folicular recién extraída. Para facilitar la explicación, las zonas de exclusión (820, 825 y 830) se han omitido. Cuando se procesa la zona de exclusión para el sitio de la unidad folicular recién extraída (815), el procesador está configurado para determinar si el sitio de extracción de la unidad folicular ya existente (805) está o no dentro de, por ejemplo, una distancia predeterminada con respecto a él. Esta distancia predeterminada puede basarse, por ejemplo, en un múltiplo de la distancia extracción mínima descrita anteriormente, siendo el múltiplo mayor que uno, y estando comprendido, por ejemplo, entre 1,5 y 2,5. Por ejemplo la distancia predeterminada puede ser menor o igual que al menos dos veces la distancia de extracción mínima con respecto al sitio de la unidad folicular recién extraída (815) que es una distancia de, por ejemplo, 3,8 mm. Si se encuentra que el sitio de extracción de la unidad folicular ya existente (805) por ejemplo, es menor o igual que al menos dos veces la distancia de extracción mínima desde el sitio de la unidad folicular recién extraída (815) el sitio de extracción de la unidad folicular ya existente (805) puede considerarse un sitio satélite con respecto al sitio de la unidad folicular recién extraída (815). Sin embargo, si se encuentra que el sitio de extracción de la unidad folicular ya existente (805) es más que al menos dos veces la distancia de extracción mínima desde el sitio de la unidad folicular recién extraída (815), puede considerarse que el sitio de extracción de la unidad folicular ya existente (805) no es un sitio satélite con respecto al sitio de la unidad folicular recién extraída (815). De una forma similar, cuando se procesa la zona de exclusión para el sitio de la unidad folicular recién extraída (815), el procesador está configurado para determinar si el sitio de extracción de la unidad folicular ya existente (810) es o no menor o igual que al menos dos veces la distancia de extracción mínima desde el sitio de la unidad folicular recién extraída (815) que es una distancia de, por ejemplo, 3,8 mm.

Para facilitar la comprensión, supongamos que los dos sitios de unidades foliculares extraídas existentes (805 y 810) son menores o iguales que al menos dos veces la distancia de extracción mínima desde el sitio de la unidad folicular recién extraída (815). En este caso el procesador crea un perfil en bucle cerrado, o una zona de exclusión complementaria, basada en las posiciones del sitio de la unidad folicular recién extraída (815), y los sitios de unidades foliculares extraídas existentes (805 y 810), para conformar una forma triangular (840) tal como se ilustra en la figura 8(b). El procesador combina o superpone este perfil triangular en bucle cerrado (840) (la zona de exclusión complementaria) en las tres zonas de exclusión circulares (820 825 y 830), tal como se ilustra en la figura 8(c) para formar una visual presentación de la zona de exclusión modificada (845), tal como se ilustra en la figura 8(d) que no incorpora ya el hueco relativamente pequeño (835).

La figura 8(e) ilustra un ejemplo en el que se introduce un sitio de unidad folicular recién extraída (850), siendo los sitios (805, 810 y 815) sitios de unidades foliculares extraídas ya existentes. Si se supone que los sitios de unidades foliculares extraídas existentes (805, 810 y 815) son menores o iguales que una cierta distancia de extracción mínima, por ejemplo, al menos dos veces la distancia de extracción mínima, desde el sitio de unidad folicular recién extraída (850), todos se considerarán sitios satélite del sitio de unidad folicular recién extraída (850). El procesador en este caso está configurado para crear un perfil en bucle cerrado (zona de exclusión complementaria), basándose en las posiciones del sitio de la unidad folicular recién extraída (850), y los sitios de unidades foliculares extraídas existentes (805, 810 y 815), formando un polígono con índices (805 810, 815 y 850). Sin embargo si, por ejemplo, se determina que sólo los sitios de unidades foliculares extraídas existentes (810 y 815) son menores o iguales que al

menos dos veces la distancia de extracción mínima desde el sitio de unidad folicular recién extraída (850), y el sitio de extracción de la unidad folicular existente (805) es más de al menos dos veces la distancia de extracción mínima desde el sitio de la unidad folicular recién extraída (850), sólo los sitios de unidades foliculares extraídas existentes (810 y 815) se considerarán sitios satélite para el sitio (850), y el perfil de bucle cerrado será un triángulo (no mostrado) con los índices de (810, 815 y 850).

Finalmente, la figura 8(f) ilustra un ejemplo en el que el sitio de unidad folicular recién extraída en posición central (885) tiene cinco sitios satélite (860 865, 870, 875 y 880) a su alrededor. En lugar de proporcionar una representación visual de una zona de exclusión que sólo comprende círculos sencillos que rodean al sitio de la unidad folicular recién extraída (885), el procesador, que ha determinado que cada uno de los sitios de unidades foliculares extraídas ya existentes (860, 865, 870, 875 y 880) que rodean al sitio de unidad folicular recién extraída en posición central (885) son menores o iguales que, en el ejemplo proporcionado, dos veces la distancia de extracción mínima desde el mismo, forma un polígono (890) (zona de exclusión complementaria) que une todos los satélites para rodear al sitio de unidad folicular recién extraída en posición central (885). En este caso, al combinar esta configuración poligonal (890) con las seis zonas de exclusión circulares que corresponde a los sitios de unidades foliculares extraídas ya existentes (860, 865, 870, 875 y 880), no se visualizan huecos dentro de la representación visual de la zona de exclusión modificada. Esto permite potencialmente una reducción en el tiempo de procesamiento informático, y también proporciona un beneficio al usuario al permitirle en última instancia identificar en una pantalla y enfocar los huecos más grandes que pueden existir.

La figura 9(a) ilustra una representación visual que sólo usa una metodología en la que las zonas de exclusión están centradas alrededor de las unidades foliculares extraídas. En la figura 9(a) se llama la atención a un hueco en particular (910). Por otra parte, la figura 9(b) ilustra la representación visual que usa una metodología combinada en la que las zonas de exclusión están centradas alrededor de las unidades foliculares extraídas y después combinada con la cobertura de la zona de exclusión complementaria proporciona los sitios satélite apropiados. Como puede verse en la figura 9(b), la posición en la que solía haber un hueco (910) ya no está. Se ha reproducido una imagen visualmente más amigable. En resumen, de acuerdo con algunos ejemplos se proporciona un procedimiento para generar una representación visual de una región donde se realizó una intervención. El procedimiento comprende la generación de una representación visual de uno o más sitios de intervención (por ejemplo, sitios de extracción) donde se realizó una intervención. Si existe más de un sitio de intervención, la representación visual de las zonas de exclusión para cada uno de los sitios de intervención están superpuestas. El procedimiento comprende además la generación de una o más zonas de exclusión complementarias para cualquiera o para todos los sitios de intervención; y la superposición de la zona de exclusión y las zonas de exclusión complementarias para generar la representación de la región de intervención realizada. La etapa de generación de una o más zonas de exclusión complementarias puede llevarse a cabo comparando la distancia entre un sitio de intervención en particular y uno o más sitios de intervención anteriores que rodean a ese sitio de intervención en particular, y para estos sitios circundantes donde la distancia está dentro de un límite predeterminado o seleccionado, dichos sitios circundantes se identifican como los sitios satélite de ese sitio en particular. En algunas realizaciones, la comparación mencionada anteriormente puede realizarse para cualquier sitio de intervención existente con el fin de identificar una colección correspondiente de los sitios satélite para cada sitio de intervención existente. En algunas realizaciones, con referencia al trasplante capilar, cada injerto capilar recién extraído puede compararse con cualquier otro o con todos los demás injertos capilares extraídos anteriores y añadirse, según resulte apropiado, basándose en los resultados de la comparación, a una colección de los sitios satélite para cada sitio de extracción previo relevante. De forma alternativa o adicional, cualquier sitio de extracción o todos ellos pueden compararse con un sitio recién extraído y, basándose en los resultados de dicha comparación, identificarse como sitios satélite para el sitio recién extraído. En algunas realizaciones, los sitios satélite pueden clasificarse basándose en ciertos criterios, tales como el ángulo de enredo en el sistema de coordenadas donde, por ejemplo, el menor ángulo se produce primero, formando una secuencia en el sentido contrario a las agujas del reloj, o donde el mayor ángulo aparece primero, formando una secuencia en el sentido de las agujas del reloj. Esta clasificación puede usarse para generar un perfil convexo continuo. Sin clasificación, la secuenciación aleatoria de los sitios satélite puede omitir algunas partes del perfil geométrico. En algunos ejemplos, el procedimiento puede comprender además la actualización y visualización de la región de intervención previa.

Puede ser conveniente en varias intervenciones identificar “regiones reservadas” donde la intervención no debería realizarse. Estas regiones reservadas se describirán en referencia a extracción e implante capilar y por tanto se referirán como “regiones de extracción reservada”, sin embargo, debe entenderse que esta descripción se aplica a varias "regiones reservadas”, para varias intervenciones médicas dentro del alcance de la presente descripción. Las regiones de extracción reservadas definen áreas desde las cuales no se han seleccionado pelos para su extracción. Estas regiones de extracción reservadas pueden definir áreas donde existen trastornos de la piel que hacen que el

área sea inadecuada o incómoda para su extracción o implante, áreas que contienen unidades foliculares implantadas previamente, áreas que contienen una clasificación determinada de unidad folicular (como, por ejemplo, F1) en las que no se desea realizar la extracción actual, áreas donde existen lunares o cicatrices, o definen áreas que muestran un número cualquiera de otras condiciones. Estas regiones de extracción reservadas pueden ilustrarse tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 10, en forma del cuadrado (1010), o como una representación circular (debe observarse que si se usa una representación circular, los círculos que representan las regiones de extracción reservadas pueden formarse en un color diferente que los círculos usados para identificar las regiones de exclusión (1020)), o como cualquier forma arbitraria, y pueden crearse de numerosas formas. Por ejemplo, el usuario puede definir manualmente un sitio de extracción reservado pulsando manualmente con el ratón en un punto dentro de la frontera revisada (410), para crear un cuadro de región de extracción reservada de tamaño predefinido. Alternativamente, puede crearse un cuadro de región de extracción reservada cuyos lados pueden ser ajustados por el usuario, o pueden identificarse varios puntos por parte del usuario, y el procesador puede crear una forma arbitraria en bucle cerrado que comprende todos los puntos identificados. Como alternativa, las regiones de extracción reservadas pueden crearse automáticamente mediante el procesador una vez que ha procesado la información contenida en las imágenes adquiridas, y puede permitirse al usuario que acepte o rechace estas regiones de extracción reservadas creadas automáticamente. Será evidente que existen otras muchas formas en las cuales puedan crearse dichas regiones de extracción reservadas para o por el usuario.

Retomando la exposición de los marcadores, en ocasiones no todos los marcadores son visibles en el marco de visión de la cámara. Por ejemplo, puede haber situaciones en las que todos los marcadores no sean visibles, y sólo lo sea un subconjunto de los mismos. En esta realización de la invención, el sistema puede usar la información limitada disponible inicialmente y finalmente crear un registro de la posición de todos marcadores entre sí.

De acuerdo con otro aspecto de la presente solicitud, se describen ejemplos de localización y registro de una pluralidad de marcadores en referencia a las figuras 5(a)-5(g). Con referencia al ejemplo del sistema robótico de la figura 2, dado que el campo visual de las cámaras (por ejemplo, 2 cámaras usadas para visión estéreo) puede ser menor que el área cubierta por los marcadores, puede ser necesario mover el robot alrededor de la frontera (por ejemplo, perímetro del tensor o una región definida por un patrón de pelos existentes que actúan como marcadores) para capturar las posiciones de los marcadores. Este movimiento puede realizarse, por ejemplo, manualmente mediante el arrastre con la mano por el operador del mecanismo de obtención de imágenes unido al brazo robótico usando “control de fuerza”, o por manipulación del pendiente robótico. Sin embargo, en una realización preferida, un brazo robótico con el dispositivo de adquisición de imágenes unido a él puede moverse automáticamente alrededor de la periferia del tensor cutáneo (o alrededor de la frontera con una pluralidad de marcadores que define la región de extracción o implante). En el enfoque automatizado, el robot puede moverse primero manualmente a la posición inicial que contiene suficientes marcadores a la vista con el fin de establecer el marco de referencia del marcador. Normalmente, se requieren al menos tres (3) marcadores. La figura 5(a) ilustra un marco de visión inicial (502) tomado del marco de visión de la o las cámaras que se monta en un brazo robótico de un sistema de extracción o implante de unidades foliculares, teniendo el marco de visión un punto de referencia central (504). En esta realización, son visibles cuatro marcadores A, B, 1 y 2 en el marco de visión inicial (502). Para usar las enseñanzas de la presente invención, el sistema debe adquirir la posición y/u orientación de cada marcador con referencia a al menos otro marcador. Tal como se menciona anteriormente, con el fin de obtener información relativa a la posición y la orientación, se requiere que sean visibles al menos tres marcadores en el marco de visión inicial (502). Por ejemplo, se describen algunos ejemplos de obtención, seguimiento y registro de información acerca de los marcadores que podrían usarse en la presente invención en la solicitud de patente en trámite de propiedad común publicada como US-2010-0.080.415-A1 el 1 de abril de 2010.

Para permitir que el sistema adquiera la posición y opcionalmente la orientación de los otros marcadores, el sistema mueve inicialmente el campo visual de la cámara sobre la superficie del cuerpo de manera que uno de los marcadores que estaba en el marco de visión inicial (502), está situado en el centro del marco de visión, es decir, que el centroide de marcador 1 está alineado sustancialmente con el punto de referencia (504), tal como se muestra en la figura 5(b). A este primer marcador 1 se le asignan coordenadas de posición y opcionalmente orientación, por ejemplo pueden asignársele las coordenadas de referencia de (2,4). El procesador de imágenes identifica posteriormente el siguiente marcador que ya no ha sido centrado. En el caso de que existan dos o más marcadores más cercanos, el sistema está configurado para seleccionar el marcador más cercano de acuerdo con un mecanismo de selección predeterminado. El mecanismo de selección puede ser relativamente sencillo, de tal modo que seleccione siempre aquel que apunta en una dirección determinada, y lo hará sólo si las coordenadas de referencia del marcador en esa dirección no han sido ya adquiridas. En este caso, la jerarquía del mecanismo de selección puede comprender, por ejemplo, el orden hacia la derecha, en dirección hacia abajo, hacia la izquierda y finalmente en dirección hacia arriba.

La figura 5(c) ilustra la cámara que se ha movido sobre la superficie del cuerpo de manera que el centroide del marcador más cercano (2), en el lado derecho del marcador 1 está situado en la posición de referencia (504) del campo visual (502). Con el fin de llegar a esta posición en particular, se registra el movimiento emprendido por la cámara en sí. Por ejemplo, si el movimiento de la cámara desde una posición en la que el centroide de marcador 1 era el punto de referencia (504) hasta una posición en la que el centroide de marcador (2) estaba en el punto de referencia (504), se define por (2, 0), y así la coordenada para la posición del centroide de marcador (2) sería (4, 4). De forma similar, en la figura 5(d) el movimiento de la cámara desde una posición en la que el centroide de marcador (2) estaba en el punto de referencia (504) a una posición en la que el centroide de marcador (3) estaba en el punto de referencia (504), como (2,0), entonces la coordenada para la posición del centroide de marcador 3 sería (6, 4). Puede verse que en la figura 5(e), una vez que el centroide del marcador (4) se coloca en el punto de referencia (504), y se asignan las coordenadas (8, 4) no existe marcador a la derecha, y en la figura 5(f), la cámara se mueve a (2, 1) de tal manera que el centroide de marcador D está en el punto de referencia (504). De esta manera, la posición de los centroides de los catorce marcadores distinguibles (mostrados en la figura 5(g)) es conocida entre sí. En posesión de esta información, en algunas realizaciones pueden trazarse líneas virtuales (506, 508, 510 y 512) para definir una frontera inicial, y después de tener en cuenta la posición de los centroides de los marcadores, por ejemplo, de los bordes internos del dispositivo tensor, la altura relativa del dispositivo tensor por encima de la superficie del cuerpo (suponiendo una realización en la que exista uno) y/o el diámetro de la herramienta, puede determinarse una frontera revisada (514), dentro de la cual las coordenadas de unidad folicular pueden identificarse para extracción, o las coordenadas de unidad folicular sitio de implantes pueden identificarse para implante.

De acuerdo con una realización del procedimiento de la descripción, se toma una imagen inicial y una o más imágenes sucesivas de una superficie de la piel que contiene una pluralidad de marcas de marcador. En cada imagen sucesiva, se registra el desplazamiento de los marcadores desde sus posiciones en la imagen inicial calculando, por ejemplo, una transformación de ajuste óptimo T que minimiza el error entre las posiciones originales y el valor transformado de las posiciones posteriores. Si se observan nuevos marcadores en imágenes posteriores, sus posiciones son transformadas por la inversa de T de manera que también puedan registrarse en el marco de referencia de la imagen inicial. Una vez que su posición se ha transformado y registrado, estos nuevos marcadores pueden usarse en conjunción con los marcadores originales para localizar una actualización para la transformación de ajuste óptimo T. Esta información de desplazamiento del marcador se usa en el procesamiento de la posición y/u orientación, por ejemplo, de un sitio de extracción, aplicando el desplazamiento a la posición de extracción pretendida antes de llevar a cabo la extracción en sí. De forma similar, la información de desplazamiento de marcador podría usarse en el procesamiento de las posiciones y/u orientaciones de los sitios de implante pretendidos y dicho desplazamiento podría aplicarse a la posición de implante pretendida antes del implante real.

Una vez creado un conjunto de coordenadas para llevar a cabo la intervención de extracción o implante en la medida en que puede verse un par de marcadores en el marco de visión, la intervención puede llevarse a cabo usando los marcadores visibles como puntos de referencia. En el caso en que el campo visual esté aislado de los marcadores, pueden usarse las posiciones de extracción en las que ya se han extraído unidades foliculares o los sitios de implante en los que ya se han implantado unidades foliculares para suministrar puntos de referencia adicionales, a los cuales pueden referirse las posiciones futuras de extracción o implante.

En un ejemplo, se proporciona un procedimiento que permite definir una región sobre la cual se accionará una herramienta, por ejemplo, para la extracción o implante de injertos capilares. En un ejemplo preferido, dicho procedimiento puede estar sustancialmente automatizado (lo que significa que al menos la mayor parte de las etapas podrían realizarse automáticamente por medio del sistema robótico en sí). Esto no excluye que un usuario pueda intervenir y participe por ejemplo, ofreciendo una orden alternativa a través de una interfaz de usuario, o corrija la orden automatizada. En general, si se usa un sistema robótico, similar a un sistema mostrado por ejemplo en la figura 2, un operador puede iniciar una intervención automática del modo siguiente. Uno de los marcadores que se identificó anteriormente puede elegirse arbitrariamente. El brazo robótico con una cámara conectada operativamente a él puede moverse automáticamente para centrar el marcador en el campo visual de la cámara. En la medida en que la separación entre los marcadores sea inferior a la mitad del campo visual, se asegurará que sean visibles al menos dos marcadores. El procesador puede dirigir a continuación el brazo robótico con la cámara para elegir el siguiente marcador más cercano que ya no está centrado. De la misma forma, el brazo robótico seguirá moviéndose automáticamente hasta el siguiente marcador para centrar el siguiente marcador hasta que todos los marcadores hayan sido identificados. Si los marcadores están situados en el tensor cutáneo, entonces el brazo robótico se dirigirá para que se mueva alrededor del tensor cutáneo. Una vez que se han registrado todos los marcadores relevantes en el marco de referencia de marcadores, si se desea, puede calcularse automáticamente la frontera de la región definida por los marcadores por medio del procesador, y además dicha frontera puede ajustarse

de manera que una herramienta (por ejemplo, extracción aguja) pueda acceder de forma segura a las unidades foliculares dentro de la frontera. El inicio y la posición y dirección de extracción inicial pueden calcularse automáticamente por medio del sistema automatizado. Para reducir al mínimo cualquier posible interferencia de suero salino y/o sangre en los campos visuales el procesador puede programarse para que comience la extracción o el implante desde el borde de la frontera con la menor altura y cerca de la esquina. El brazo robótico es dirigido para que se mueva automáticamente con la herramienta fijada para extraer o implantar injertos capilares dentro de la frontera.

Las figuras 6(a)-6(f) muestran una realización de acuerdo con otra implementación de la invención que usa una región de selección virtual definida. La herramienta puede moverse automáticamente dentro de dicha región de selección tal como se explica a continuación basándose en criterios deseados. Supóngase, para los fines de esta exposición en particular, que la frontera revisada (610) tiene dimensiones, por ejemplo, en la región de 4 cm horizontalmente y 3 cm verticalmente. Una vez establecidas las coordenadas de los marcadores (como los marcadores (605) ilustrados en la figura 6a), tal como se describe en los ejemplos anteriores, la herramienta se acciona (por ejemplo, de forma automática o semiautomática) para iniciar la intervención de extracción desde la esquina inferior izquierda del área delimitada revisada. Por ejemplo, la herramienta puede accionarse para que se mueva a la posición que está aproximadamente en la intersección de la fila C-F y la columna 1-5, y se alinee con la unidad folicular (615). En esta ocasión el procesador puede dictar también que la herramienta se mueva en la dirección general de la flecha (620), alejándose de la posición del marcador C y hacia el marcador F, en una dirección horizontal sustancialmente paralela a un lado horizontal de la frontera revisada (610). Basándose en las coordenadas exactas de la posición de la herramienta con respecto al marco de referencia de la imagen, el procesador puede calcular fronteras virtuales de una región de selección virtual (625) más pequeña situada justo delante de la herramienta en la dirección de desplazamiento (620). En este ejemplo ilustrado en particular, la región de selección virtual (625) puede comprender un cuadrilátero, tal como un rectángulo que tiene, por ejemplo, dimensiones de 6-8 mm por 3,5-4,5 mm. Dentro del alcance de la presente solicitud se contemplan también otras dimensiones de la región de selección (625). El uso de una región de selección virtual (625) menor reduce el cálculo necesario para encontrar una unidad folicular posterior para su extracción al restringir el área de consideración a un área justo delante de la unidad folicular extraída anterior (615) y a lo largo de la dirección de desplazamiento (620). La herramienta se acciona para que extraiga la unidad folicular (615) y la posición de la unidad folicular extraída (615) se identifica visualmente, por ejemplo, por un círculo (630), como se aprecia en la figura 6(a). Después de extraer la unidad folicular (615) la herramienta de extracción se desplaza en la dirección general de la flecha (620), y se acciona para extraer una o más unidades foliculares situadas dentro de la región de selección virtual (625). Como se observa, existen varias unidades foliculares situadas dentro de la región (625). Sin embargo, la siguiente unidad folicular para extracción puede no ser la unidad folicular situada dentro de la distancia más corta desde la unidad folicular extraída (615) seleccionada dentro de la región (625) (dicha unidad folicular (640), sino que su lugar puede basarse en criterios de selección predeterminados, tal como en este ejemplo donde la herramienta se mueve a la posición de la unidad folicular (635) que es la más cercana a la frontera horizontal (610).

A continuación se describen ejemplos de algunos criterios que podrían usarse para dirigir el movimiento de la herramienta dentro de la región de selección (por ejemplo la región (625) de la figura 6(a)) con referencia a las figuras 7(a)-7(e), aunque se observará que es posible elegir o predeterminar otros muchos criterios, y que dichos criterios pueden variar durante el proceso de trasplante capilar. En las figuras 7(a) y 7(b), se han identificado tres unidades foliculares dentro de la región de selección (625), las unidades foliculares (705, 710 y 715). Los criterios de selección en concreto pueden ser, por ejemplo, tales que si se extrae la unidad folicular (705), el sistema se accionará para extraer la unidad folicular (715), y dejará (710) sin extraer, para extraer en la práctica una de cada dos unidades foliculares. Como criterios de selección predeterminados alternativos, o adicionales, tal como se ilustra en las figuras 7(c) y 7(d), si se extrae la unidad folicular (720), los criterios de selección predeterminados pueden consistir en extraer una de cada dos unidades foliculares dentro de la región de selección excepto cuando la distancia a la siguiente unidad folicular disponible sea superior a una distancia predeterminada. En el ejemplo de las figuras 7(c) y 7(d), aun cuando la unidad folicular (725) es la siguiente unidad folicular disponible, se extrae porque está situada a una distancia, por ejemplo mayor que 1,9 mm, de la unidad folicular ya extraída (720). Tal como se observa en la figura 7(b), una vez que la unidad folicular (715) ha sido extraída, se crea una nueva región de selección virtual (625) a continuación de la unidad folicular extraída en la misma dirección de desplazamiento. Volviendo ahora a las figuras 7(e) y 7(f), en esta ilustración, una vez que se ha extraído la unidad folicular (730), la unidad folicular (735) se deja sin extraer, y aunque la unidad folicular (745) es la siguiente unidad folicular disponible en la dirección horizontal, también se deja sin extraer. En este ejemplo, los criterios de selección predeterminados se establecen de manera que la siguiente unidad folicular disponible puede seleccionarse si es la siguiente más próxima disponible en la dirección horizontal o vertical, siempre que esté contenida dentro de la región de selección virtual (625). En consecuencia, se extrae la unidad folicular (750), tal como se indica en la figura 7(f).

Volviendo ahora al ejemplo que se analizó en la figura 6(b), puede verse que la unidad folicular (640) estaba demasiado lejos en la dirección vertical de la frontera horizontal (610), y por tanto no era una unidad folicular conveniente para su extracción en este momento. El sistema, tal como se muestra en la figura 6(b), ilustra la unidad folicular (640) todavía en la superficie del cuerpo del paciente, y la unidad folicular (635) en fase de extracción. Al llegar al marcador F, tal como se ilustra en la figura 6(c), el procesador de imágenes determina que se ha llegado a la frontera vertical revisada, y proporciona las señales de control necesarias para que el brazo robótico se mueva en la dirección de flecha (650), tal como se muestra en la figura 6(d). Si se desea, el movimiento de la herramienta en la dirección de flecha (650) permitirá que la herramienta de extracción extraiga la unidad folicular (640) que se había dejado antes sin extraer. En la figura 6(e), puede verse que la región de selección virtual (625) se mueve en la dirección (650) a lo largo de la fila F-C hasta que todas las unidades foliculares deseadas de esa fila se han extraído. Cuando no quedan unidades foliculares deseadas para su extracción dentro del “cuadrilátero de extracción” deseado a lo largo de la fila actual, la herramienta se acciona de manera que se desplace en una dirección ascendente (660) y hacia la derecha, en la dirección de la flecha (665), para extraer las unidades foliculares de la fila B-E de una forma similar, tal como se ilustra en la figura 6(f). Dado que el pelo y los marcadores están en el mismo marco, pueden realizarse cálculos para determinar si es preciso incrementar la fila de extracción actual: mover la nueva fila cuando no existen pelos restantes en la fila actual dentro del “cuadrilátero de extracción” formado por las líneas a una distancia especificada desde las filas de marcadores. En el ejemplo de la aplicación robótica, cuando el robot mueve una herramienta de extracción (o implante) automatizada a lo largo de una fila actual y se acerca a una esquina a lo largo del borde o frontera, el sistema robótico invierte la dirección y empieza a buscar a lo largo de una fila separada una distancia configurable hacia el borde opuesto.

Será evidente que el número de etapas que se usan para dichos procedimientos no se limitan a las descritas anteriormente. Además, los procedimientos no necesitan que estén presentes todas las etapas descritas. Aunque la metodología se ha descrito anteriormente como etapas discretas, pueden añadirse más etapas, combinarse o incluso suprimirse, sin apartarse de la funcionalidad que se persigue. Las etapas pueden realizarse en un orden diferente o tener etapas compartidas entre más de un procesador, por ejemplo. También será evidente que el procedimiento descrito anteriormente puede realizarse de una forma parcial o sustancialmente automatizada, lo que incluye la realización con sistemas robóticos.

Tal como observarán los expertos en la materia los procedimientos de la presente invención pueden estar comprendidos, al menos en parte, en software y llevarse a cabo en un sistema informático o en otro sistema de procesamiento de datos. Por tanto, en algunas realizaciones de ejemplo puede usarse hardware en combinación con instalaciones de software para implementar la presente invención.

Puede usarse un medio legible por la máquina para almacenar software y datos de manera que el sistema ejecute los procedimientos de la presente descripción. El medio legible por la máquina descrito anteriormente puede incluir cualquier medio adecuado capaz de almacenar o transmitir información en una forma accesible mediante un dispositivo de procesamiento, por ejemplo, un ordenador. Algunos ejemplos del medio legible por la máquina incluyen, aunque no se limitan a, almacenamiento en disco magnético, dispositivo de memoria instantánea, almacenamiento óptico, memoria de acceso aleatorio, etc.

Algunas intervenciones pueden necesitar la realización de la misma operación u otra similar en diferentes áreas o porciones de la superficie del cuerpo. Por ejemplo, un área de la superficie del cuerpo puede dividirse en varias secciones y una intervención realizarse en una o más secciones a la vez, hasta que se ha cubierto toda el área. Por ejemplo, durante la intervención de trasplante capilar, puede colocarse un tensor cutáneo en una serie de posiciones en la cabeza del paciente, y la intervención de trasplante capilar puede realizarse en cada una de las series de posiciones. En el ejemplo de intervención de trasplante capilar, esta series de posiciones pueden configurarse de manera que se optimice el caso de trasplante capilar en cuestión, aunque pueden tomar por ejemplo la forma de una retícula con dos filas y ocho columnas (cuatro posiciones a cada lado de la cabeza), tal como se ilustra en la figura 11. El usuario puede colocar un tensor cutáneo en la cabeza del paciente empezando en la esquina inferior izquierda, mover la retícula a lo largo de la cabeza del paciente en una serie de movimientos, por ejemplo, 8 movimientos tal como se muestra en el ejemplo de la figura 11, hasta que se llegue a la esquina inferior derecha, y después moverse a una segunda fila en la cabeza del paciente, pero una vez más en movimiento de izquierda a derecha, hasta que se han completado las dieciséis secciones. La ventaja de moverse de izquierda a derecha de esta manera es que mientras se extraen unidades foliculares de la retícula (1115), las unidades foliculares diseccionadas pueden retirarse de la retícula (1110) con lo que se incrementa la eficacia de la intervención. Para comodidad del usuario a la hora de llevar un seguimiento de las retículas en las que se ha extraído o implantado pelo (o en otras aplicaciones, retículas o secciones donde se realizaron determinadas intervenciones), el monitor

(240) puede mostrar esquemáticamente las regiones al usuario.

Para permitir que el sistema lleve un seguimiento de la posición de las retículas en la cabeza de los pacientes en la que se realiza la intervención, puede pedirse al usuario que proporcione algún tipo de acción de manera que permita que el sistema establezca una correlación entre las posiciones de las retículas en el presente ejemplo, en la cabeza del paciente, con las posiciones de retícula en el monitor de ordenador. Una forma en la cual el usuario puede proporcionar la identidad de la posición de la retícula es mediante la selección de la retícula apropiada, por ejemplo (1110), en la visualización que corresponde a la posición en la cabeza del paciente. Dicha selección puede proporcionarse pulsando el botón del ratón, tocando el monitor o usando las teclas de flechas arriba, abajo, izquierda y derecha de un teclado, por ejemplo, o en cualquier diversidad de formas conocidas por los expertos en la materia. Al hacerlo, el sistema es capaz de asociar la colocación del tensor cutáneo en una posición determinada con una retícula designada en la pantalla. Cuando el usuario ha seleccionado una posición de retícula en la pantalla, el sistema puede incrementar también el indicador de número de retícula (1105) en el monitor. Por ejemplo, cuando se selecciona la retícula (1110), el indicador de número de retícula puede indicar que se ha elegido la retícula 8. El sistema puede accionarse entonces de manera que identifique la posición de cada uno de los marcadores en el tensor cutáneo, y seleccione una posición desde la cual se extraerá el siguiente folículo piloso, o determinar una posición en la que se implantará el siguiente folículo piloso. Cuando se ha extraído o se ha implantado el pelo deseado en el área delimitada por el tensor cutáneo, por ejemplo, usando un sistema robótico de trasplante capilar, el usuario puede mover el tensor cutáneo a la siguiente posición de retícula, por ejemplo (1115), en la cabeza del paciente (habiendo movido primero el robot a una posición segura de manera que el usuario pueda acceder de forma segura al tensor cutáneo). Una vez hecho esto, el usuario puede identificar una vez más ante el sistema la nueva posición de retícula (1115) en la pantalla. El sistema asociará la colocación del tensor cutáneo con la retícula (1115) en la pantalla, e incrementa el número de retícula en consecuencia, en este caso de manera que indica que se ha seleccionado la retícula 9.

El uso de números de retícula (en este caso 8 y 9) puede usarse en un informe del tratamiento, y permite al médico establecer una correlación entre los resultados de la disección y la posición del tensor cutáneo en el cuero cabelludo del paciente. Al conocer los parámetros que se usaron para una posición cualquiera de retícula, el usuario puede tal vez intentar optimizar los parámetros usados para proporcionar resultados de extracción óptimos. Además, esto permite también que el usuario seleccione determinados parámetros que puedan haber sido usados para una retícula en particular, y aplicarlos a otra. Por ejemplo, el usuario puede definir el sistema de manera que sólo se extraiga uno de cada dos pelos visualizado en el sistema de obtención de imágenes de la posición de retícula 8, y llamar a esa selección en particular, programa de extracción 1. En lugar de tener que recurrir a fijar todos los parámetros de nuevo cuando el tensor cutáneo se mueve a la retícula 9, el usuario puede simplemente seleccionar el mismo programa de extracción que se aplicó a la retícula 8, que es el programa de extracción 1, y así se extraerá sólo uno de cada dos pelos visualizados en el sistema de obtención de imágenes de la posición de retícula 9.

Las diversas realizaciones descritas anteriormente se proporcionan solamente a modo de ilustración y no deberían entenderse como limitativas de la invención reivindicada. Estas realizaciones son susceptibles de diversas modificaciones y formas alternativas, y debe entenderse que la invención en general, así como las realizaciones específicas descritas en la presente memoria descriptiva, cubren todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que se sitúan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. A modo de ejemplo no limitativo, los expertos en la materia observarán que las propiedades o características descritas en referencia a una figura o realización pueden combinarse de forma adecuada con propiedades o características descritas en otra figura o realización. Además, los expertos en la materia reconocerán que los dispositivos, sistemas y procedimientos divulgados en la presente memoria descriptiva no se limitan a un campo, tal como la restauración capilar, sino que pueden aplicarse a cualquier número de campos. La descripción, por tanto, no debe entenderse en un sentido limitativo, y el alcance de la presente invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

Los expertos en la materia observarán que la invención no se limita al uso de un sistema en particular, y que pueden usarse sistemas y aparatos automatizados (incluidos robóticos), semiautomatizados y manuales para colocar y accionar las herramientas de eliminación respectivas y otros dispositivos y componentes divulgados en la presente memoria descriptiva.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para dirigir el funcionamiento de una intervención de extracción o implante de un injerto capilar, que comprende:

una interfaz adaptada para recibir datos de imagen que contienen imágenes de una superficie del cuerpo; y

un procesador (225) que comprende un conjunto de instrucciones para ejecutar operaciones, donde el conjunto de instrucciones incluye instrucciones para:

el registro de primeras posiciones de una pluralidad de marcadores (320, 405, 605) que aparecen en una o más imágenes de la superficie del cuerpo;

la actualización y registro de las posiciones actualizadas de al menos parte de la pluralidad de los marcadores (320, 405, 605) en una o más imágenes actualizadas de la superficie del cuerpo;

la determinación de un desplazamiento de las posiciones actualizadas de la al menos parte de la pluralidad de los marcadores (320, 405, 605) con respecto a sus primeras posiciones;

caracterizado porque el conjunto de instrucciones incluye instrucciones para:

seleccionar un nuevo sitio de extracción o implante de unidades foliculares en el que realizar la intervención de extracción o implante de un injerto capilar basándose al menos en parte en el desplazamiento determinado y en la posición de un sitio de intervención anterior; y
dar instrucciones a una herramienta (210) para que se mueva al nuevo sitio de extracción o implante seleccionado de unidades foliculares para realizar la intervención de extracción o implante de un injerto capilar.

2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, donde el conjunto de instrucciones comprende además instrucciones para repetir las etapas de actualización, determinación del desplazamiento, selección y de dar instrucciones.

3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, donde el conjunto de instrucciones comprende instrucciones para tener en cuenta porciones de acceso limitado de la herramienta (210) cuando se selecciona el nuevo sitio de extracción o implante de unidades foliculares, y preferentemente el conjunto de instrucciones comprende además instrucciones para manejar la herramienta (210) con el fin de realizar la intervención de extracción o implante del injerto capilar en el nuevo sitio de extracción o implante seleccionado de unidades foliculares.

4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 a 3, donde la pluralidad de marcadores (320, 405, 605) está dispuesta en un dispositivo de tensado de la piel (300, 400), y el conjunto de instrucciones comprende instrucciones para tener en cuenta al menos una dimensión del dispositivo de tensado de la piel (300, 400) y/o al menos una dimensión de la herramienta (210) cuando se selecciona el nuevo sitio de extracción o implante de unidades foliculares.

5. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la pluralidad de marcadores (320, 405, 605) comprende uno o más de entre una unidad folicular, un folículo piloso, un lunar, una cicatriz, una peca, una arruga, una protuberancia, una depresión, una forma distintiva, un globo ocular, un conducto auditivo o un marcado, y preferentemente donde la pluralidad de marcadores (320, 405, 605) comprende un conjunto de marcadores distintivos.

6. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el conjunto de instrucciones comprende además instrucciones para identificar una dirección de desplazamiento de la herramienta (210) basándose en sitios de intervención anteriores y cambiar sustancialmente la dirección de desplazamiento de la herramienta (210) si la al menos parte de la pluralidad de marcadores (320) está a una distancia predeterminada de la herramienta (210).

7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 6, donde la dirección de desplazamiento cambiada de la herramienta (210) es sustancialmente opuesta o sustancialmente ortogonal a una dirección de desplazamiento anterior de la herramienta (210).

8. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el nuevo sitio de extracción o implante seleccionado de unidades foliculares no comprende la posición de cualquier sitio de extracción o implante de unidades foliculares en el que la intervención de extracción o implante de un injerto capilar se haya realizado anteriormente.

9. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde el conjunto de instrucciones comprende instrucciones para que la herramienta (210) se desplace a la siguiente fila de extracción o implante cuando se determina que la herramienta está a una distancia predeterminada desde un marcador o que se ha alcanzado una frontera.

10. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde el conjunto de instrucciones comprende instrucciones para desplazar un brazo robótico que transporta a la herramienta (210) cuando se instruye a la herramienta (210) para que se mueva, y donde el conjunto de instrucciones comprende preferentemente además instrucciones para registrar una posición del nuevo sitio de extracción o implante de unidades foliculares.

11. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde el conjunto de instrucciones comprende además instrucciones para determinar una frontera de un área con el fin de realizar la intervención de extracción o implante de un injerto capilar basándose en las primeras posiciones de la pluralidad de marcadores (320, 405, 605), y donde la selección del nuevo sitio de extracción o implante de unidades foliculares comprende la selección del nuevo sitio de extracción o implante de unidades foliculares dentro de la frontera, preferentemente donde la determinación de la frontera comprende el ajuste de la frontera para eliminar porciones dentro de la frontera de acceso limitado de la herramienta (210) y/o revisar la frontera mediante la selección de una región de selección virtual (625) definida.

12. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende además un dispositivo de adquisición de imágenes (215).

13. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, donde el sistema es un sistema robótico y comprende además un brazo robótico (205) y la herramienta (210) está conectada operativamente con el brazo robótico (205).

14. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, donde el procesador (225) está configurado además para crear una región reservada y/o una zona de exclusión (490) alrededor del sitio de extracción o implante de unidades foliculares, preferentemente la zona de exclusión (490) comprende cualquier figura cerrada con configuración poligonal, y preferentemente la región reservada (490) generada tiene un tamaño predeterminado que puede ser ajustado por un usuario o generado automáticamente, y el sistema comprende además un monitor (240) configurado para mostrar la representación visual de la zona de exclusión (490).

15. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, donde el procesador (225) está configurado para proporcionar instrucciones que hacen que la herramienta (210) se desplace en una dirección alejándose de un marcador de la pluralidad de marcadores (320, 405, 605) si dicho marcador está a una distancia predeterminada de la herramienta (210).

16. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, que comprende además un monitor configurado para mostrar una o más posiciones de retícula (1110, 1115) e indicar en qué retículas se ha realizado la intervención de extracción o implante de un injerto capilar.

17. Programa informático que comprende un conjunto de instrucciones que incluye instrucciones para:

registrar primeras posiciones de una pluralidad de marcadores (320, 405, 605) que aparecen en una o más imágenes de una superficie de un cuerpo;

actualizar y registrar posiciones actualizadas de al menos parte de la pluralidad de los marcadores (320, 405, 605) en una o más imágenes actualizadas de la superficie del cuerpo;

determinar un desplazamiento de las posiciones actualizadas de la al menos parte de la pluralidad de los marcadores (320, 405, 605) con respecto a sus primeras posiciones;

caracterizado porque el conjunto de instrucciones incluye instrucciones para:

seleccionar un nuevo sitio de extracción o implante de unidades foliculares en el que realizar una intervención de extracción o implante de un injerto capilar basándose al menos en parte en el desplazamiento determinado y en una posición de un sitio de intervención anterior; e

dar instrucciones a una herramienta (210) para que se desplace al nuevo sitio de extracción o implante seleccionado de unidades foliculares con el fin de realizar la intervención de extracción o implante de un injerto capilar.

18. Medio de almacenamiento legible por una máquina, que tiene un programa informático almacenado en el mismo, caracterizado porque el programa informático es el programa informático según la reivindicación 17.

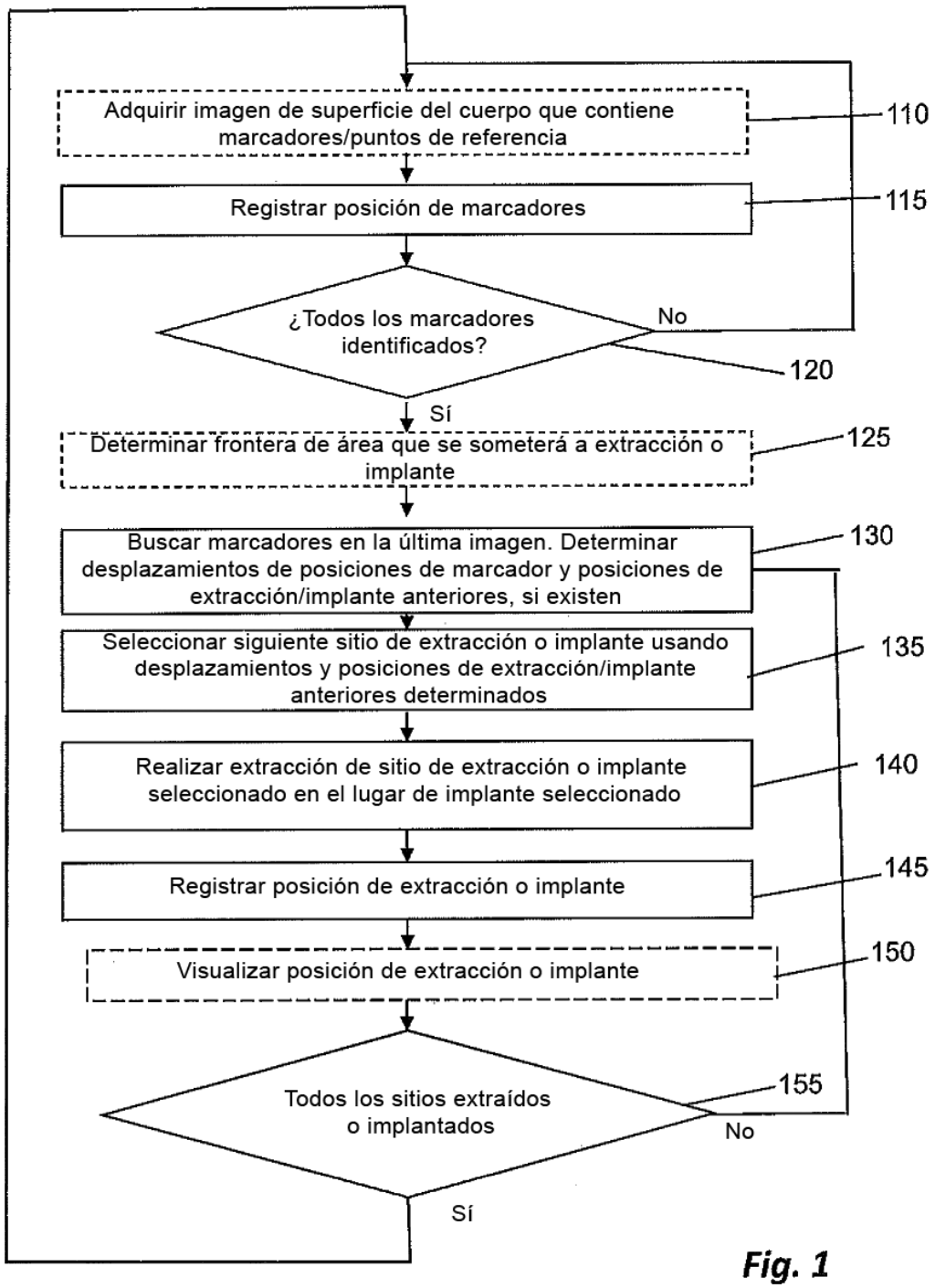

Adquirir imagen de superficie del cuerpo que contiene marcadores/puntos de referencia
110
Registrar posición de marcadores
115
¿Todos los marcadores identificados?
No
120
Sí
Determinar frontera de área que se someterá a extracción o implante
125
Buscar marcadores en la última imagen. Determinar desplazamientos de posiciones de marcador y posiciones de extracción/implante anteriores, si existen
130
Seleccionar siguiente sitio de extracción o implante usando desplazamientos y posiciones de extracción/implante anteriores determinados
135
Realizar extracción de sitio de extracción o implante seleccionado en el lugar de implante seleccionado
140
Registrar posición de extracción o implante
145
Visualizar posición de extracción o implante
150
Todos los sitios extraídos o implantados
155
No
Sí

Fig. 1

Fig. 2

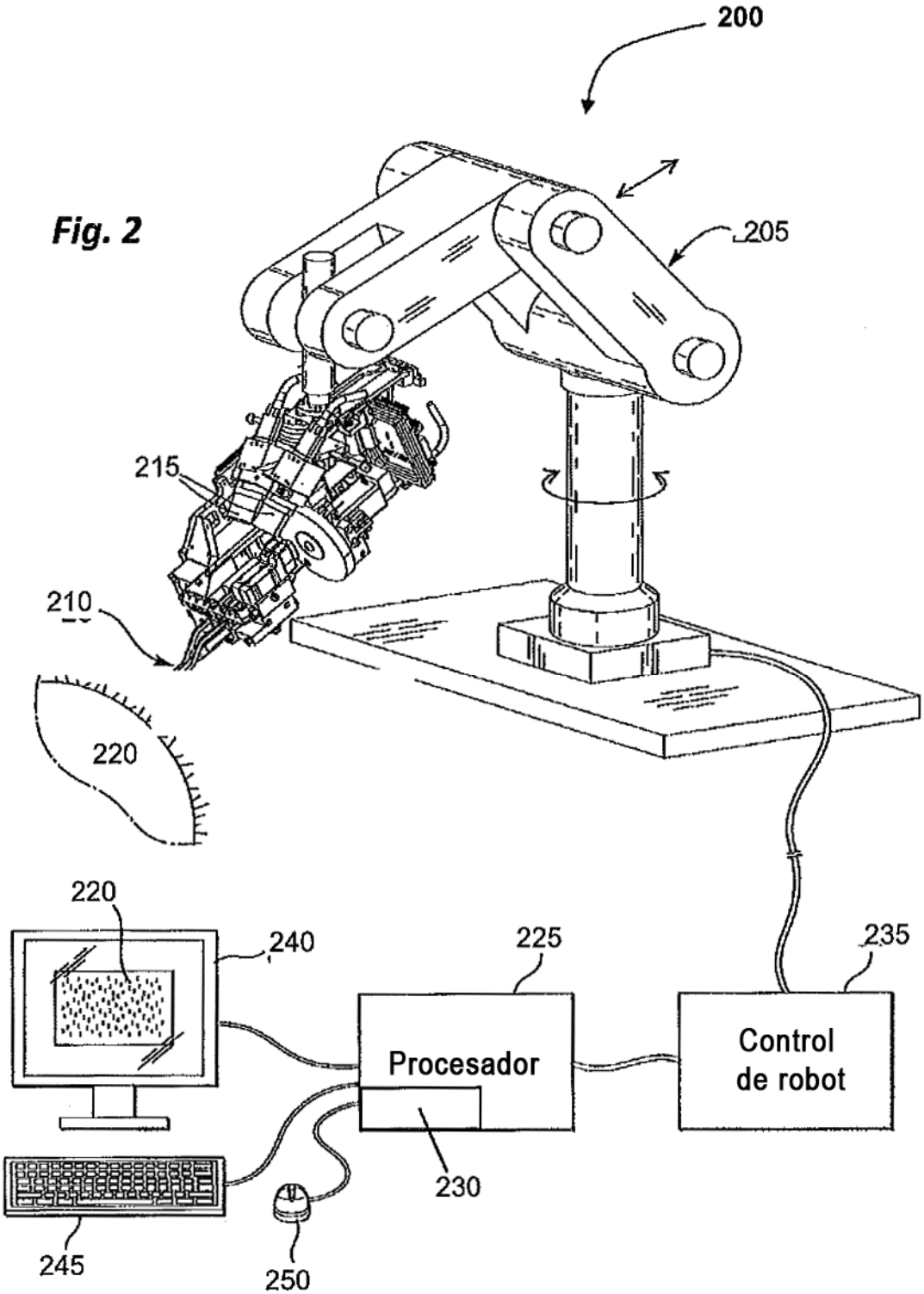
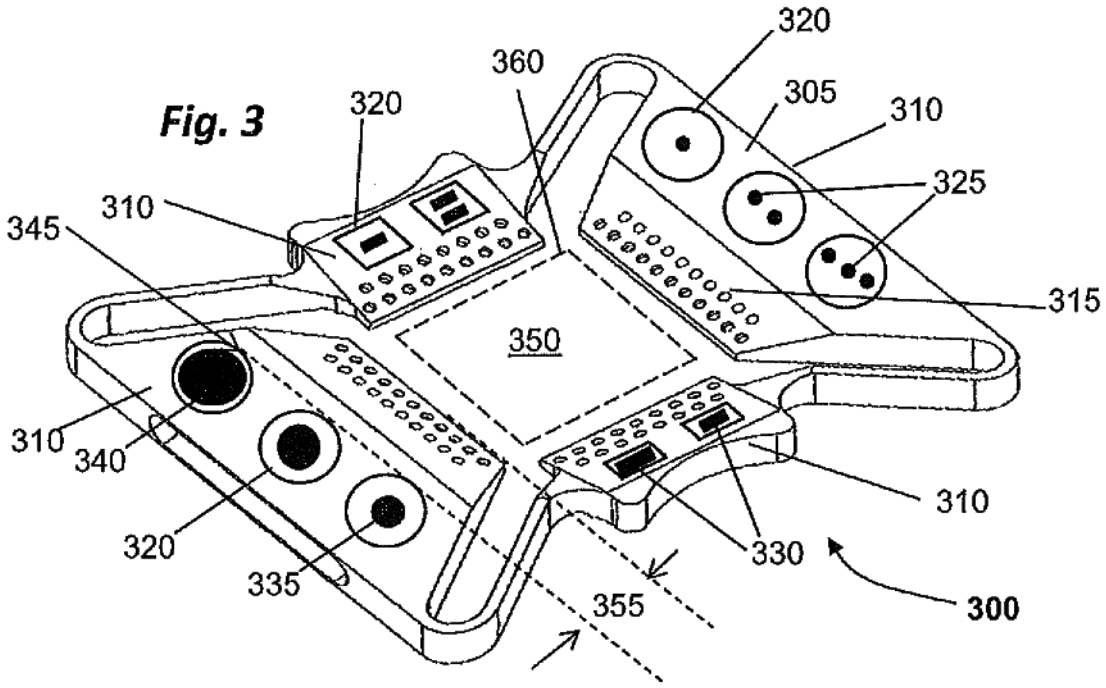

200
205
215
210
220
220
240
225
235
Procesador
Control de robot
230
245
250

Fig. 3



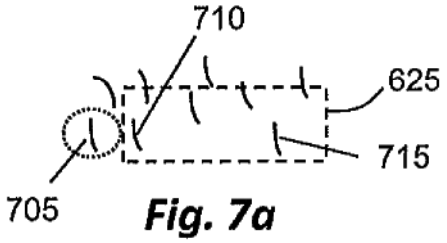


Fig. 7a

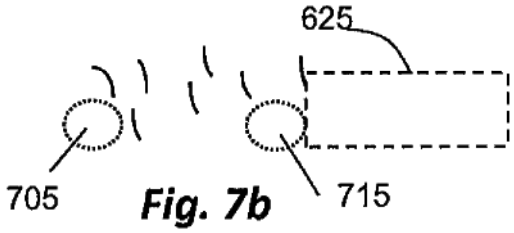


Fig. 7b

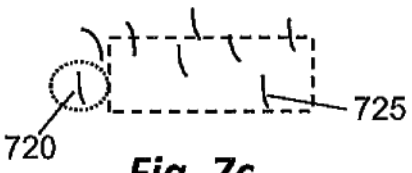


Fig. 7c

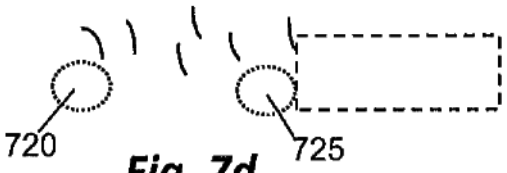


Fig. 7d

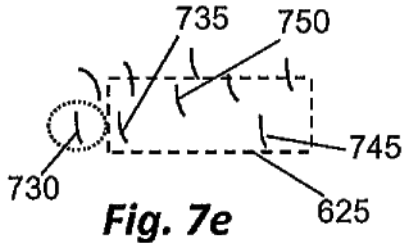


Fig. 7e

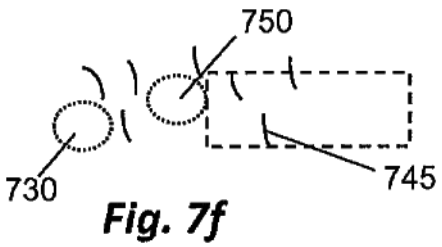


Fig. 7f

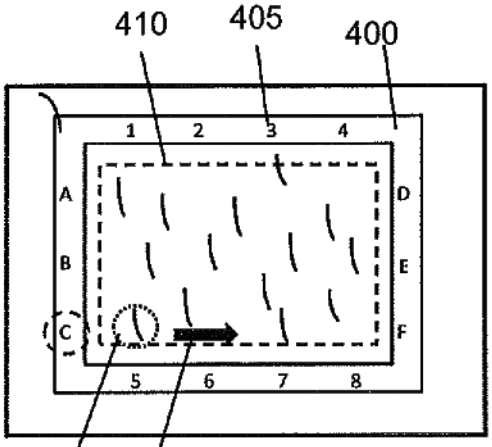


Fig. 4a

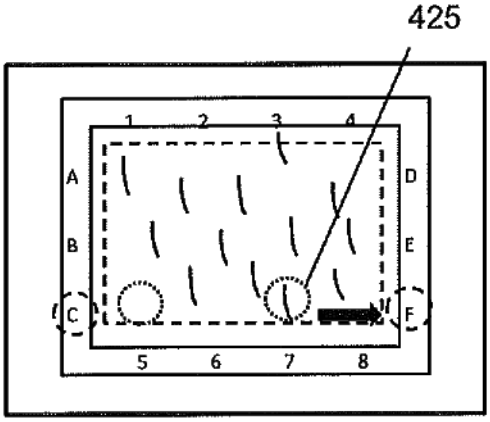


Fig. 4b

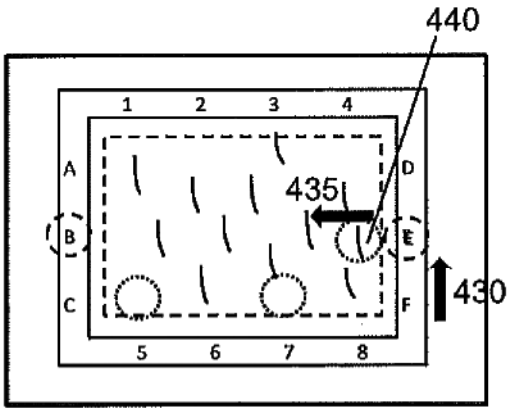


Fig. 4c

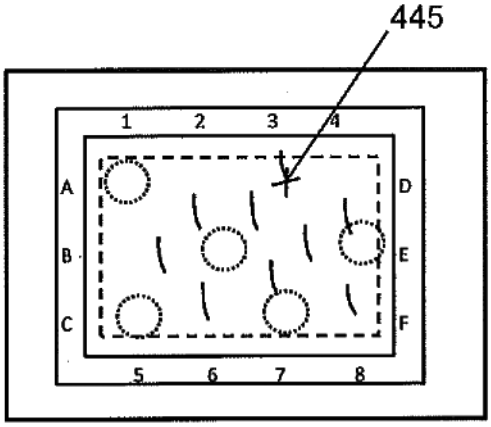


Fig. 4d

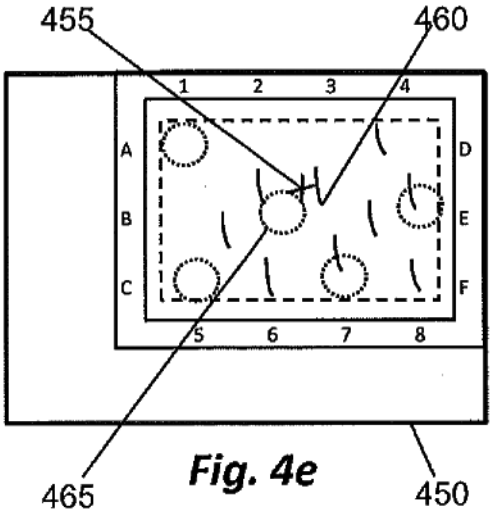


Fig. 4e

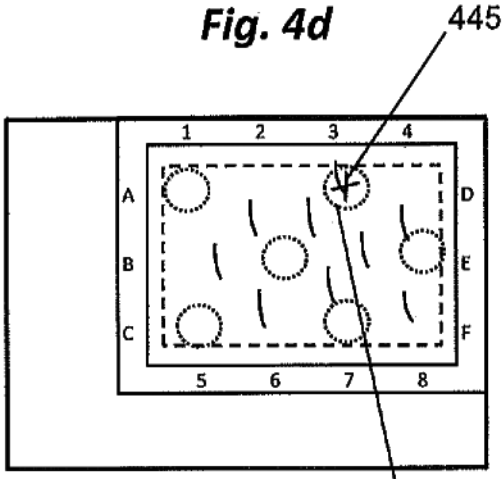


Fig. 4f

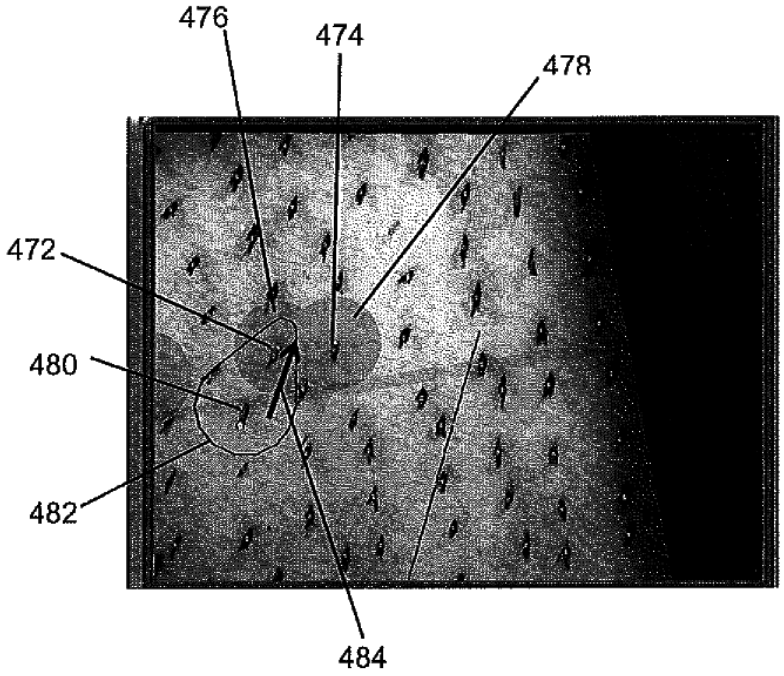


Fig. 4g

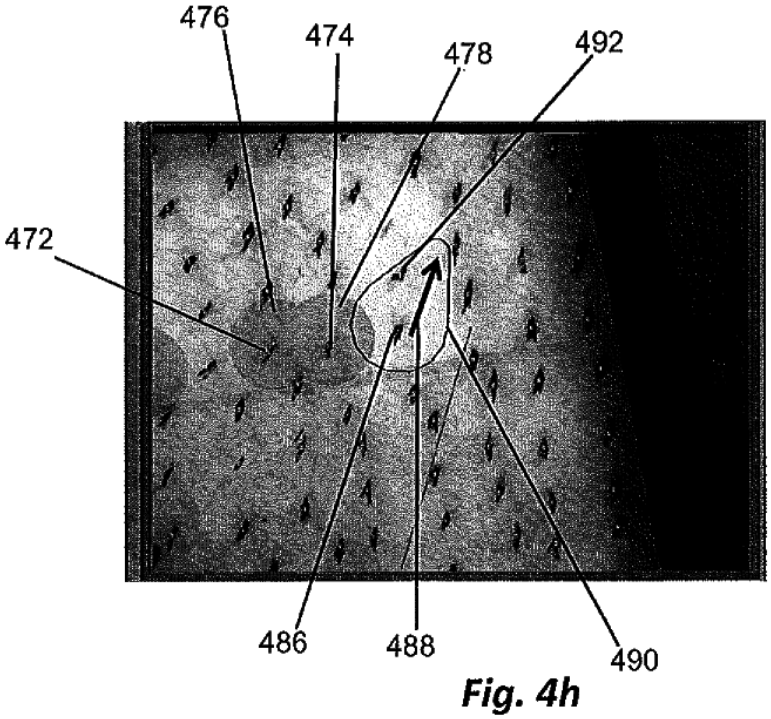


Fig. 4h

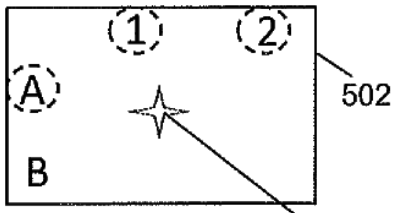


Fig. 5a

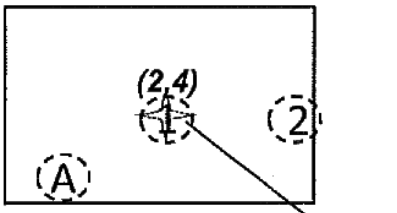


Fig. 5b

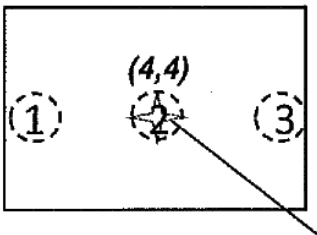


Fig. 5c

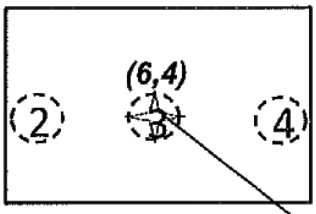


Fig.5d

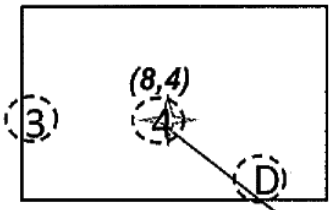


Fig. 5e

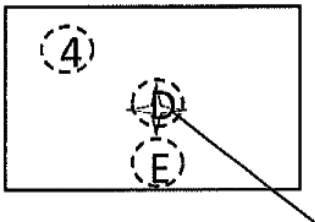


Fig. 5f

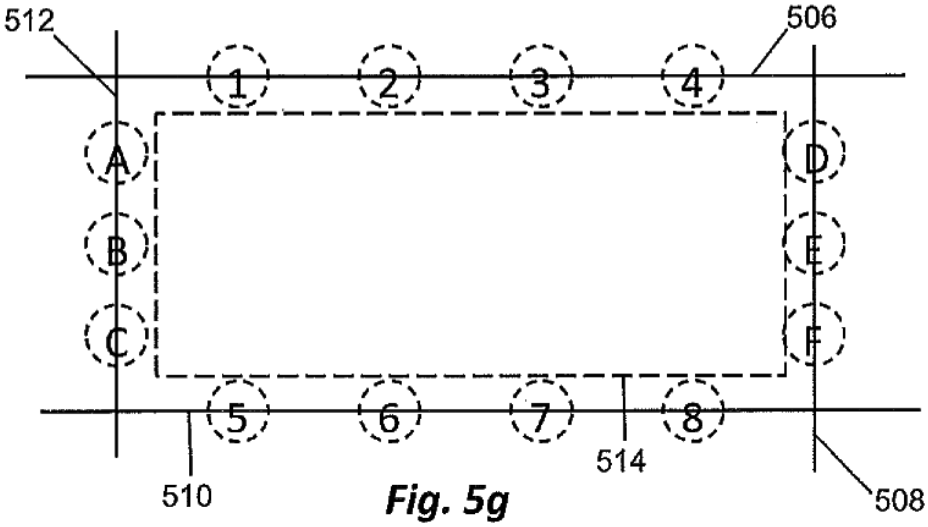


Fig. 5g

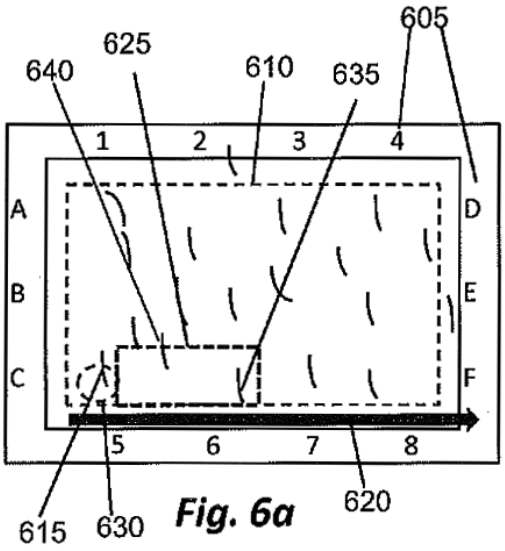


Fig. 6a

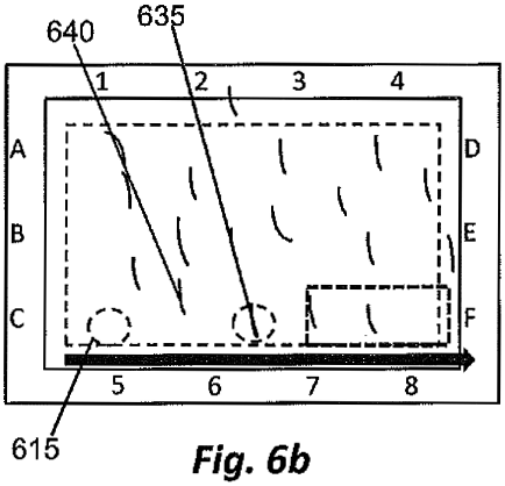


Fig. 6b

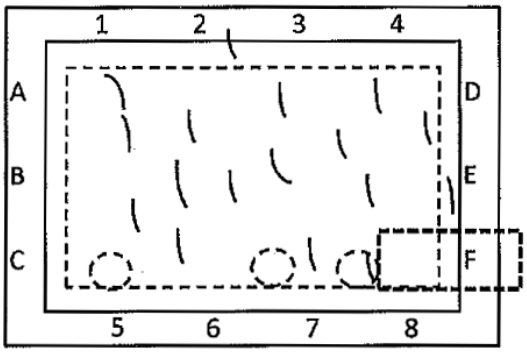


Fig. 6c

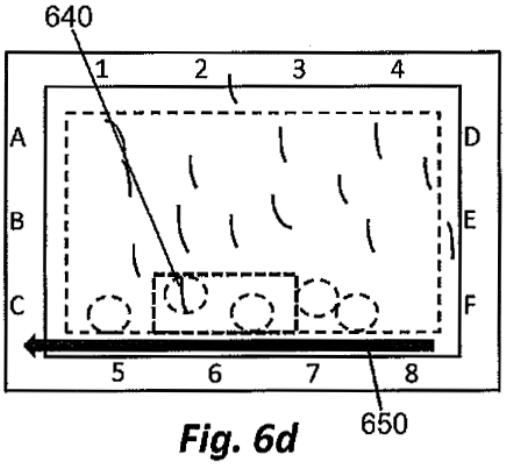


Fig. 6d

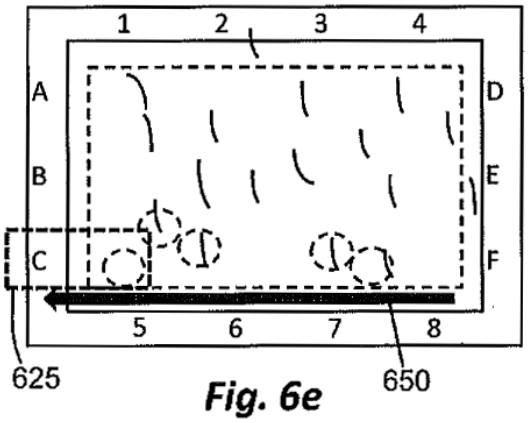


Fig. 6e

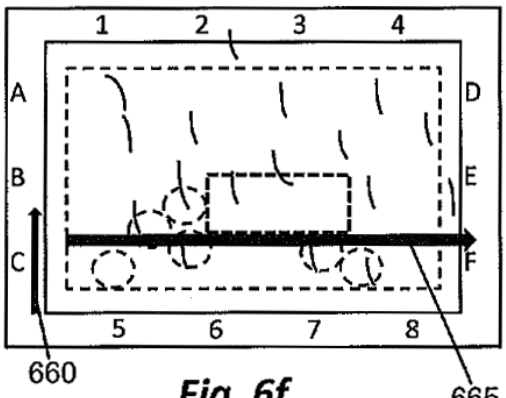


Fig. 6f

Fig. 8a

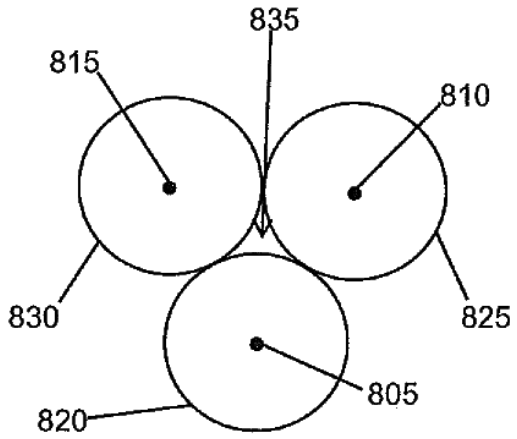


Fig. 8b

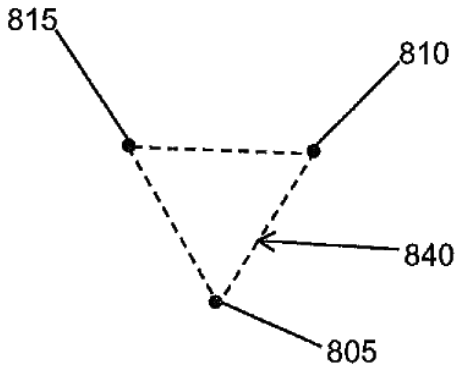


Fig. 8c

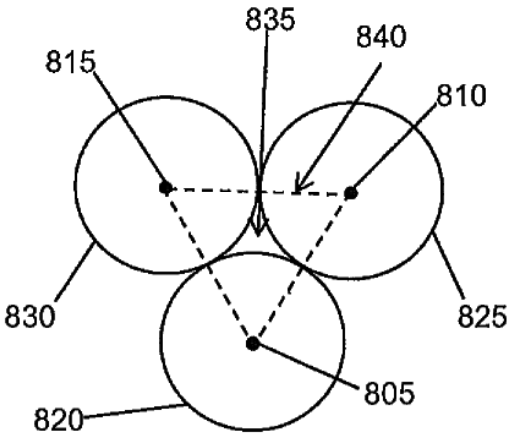
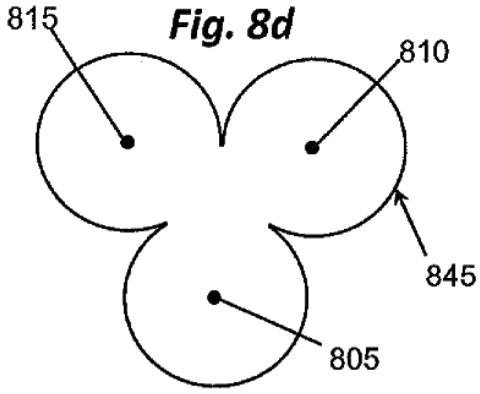


Fig. 8d



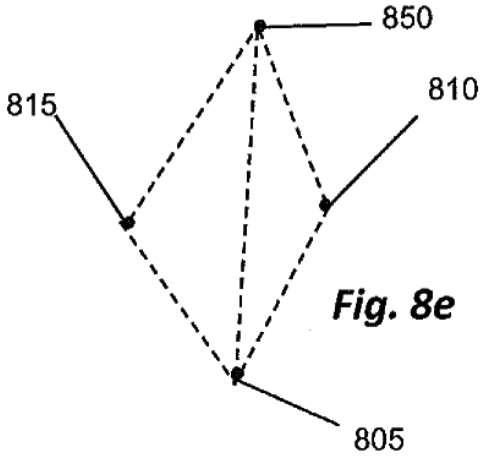


Fig. 8e

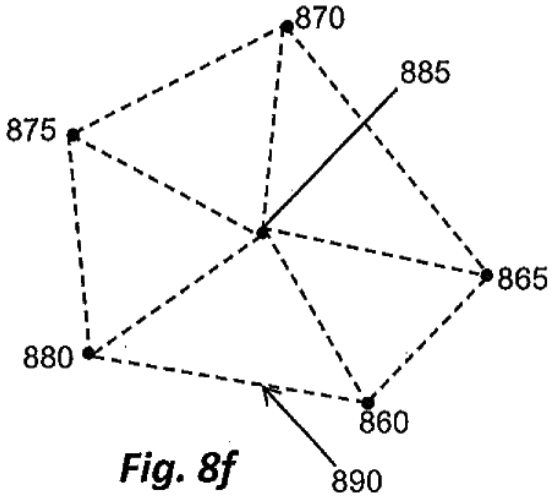


Fig. 8f

Fig. 9a

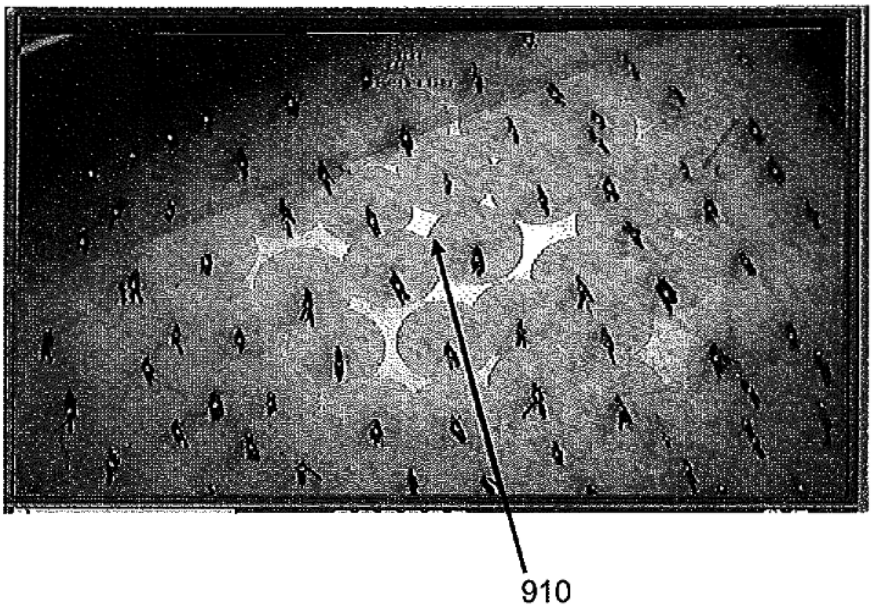
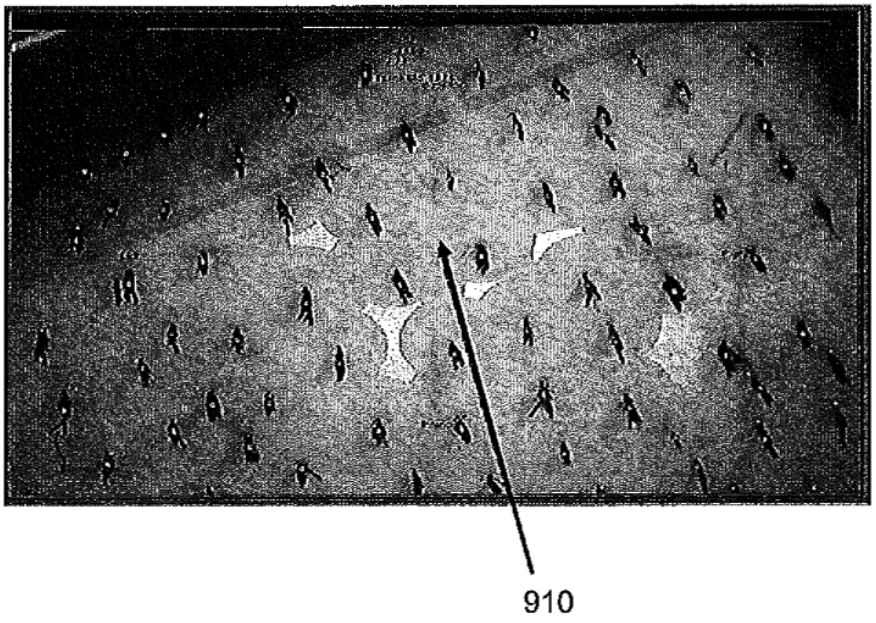


Fig. 9b



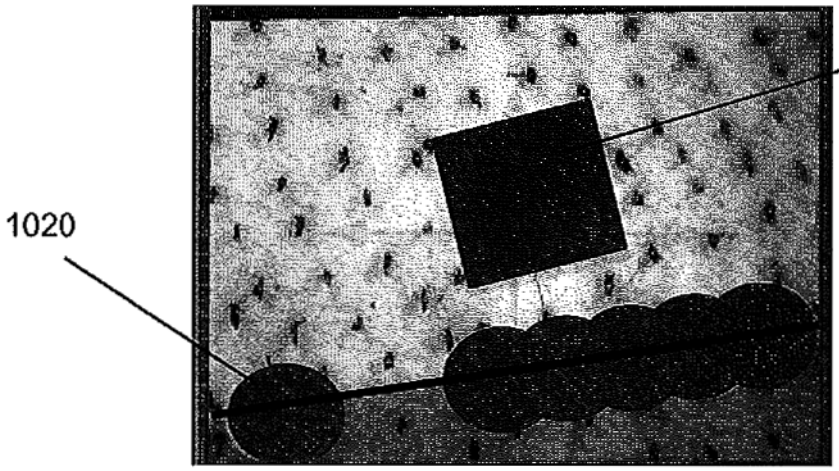

1010
1020

Fig. 10

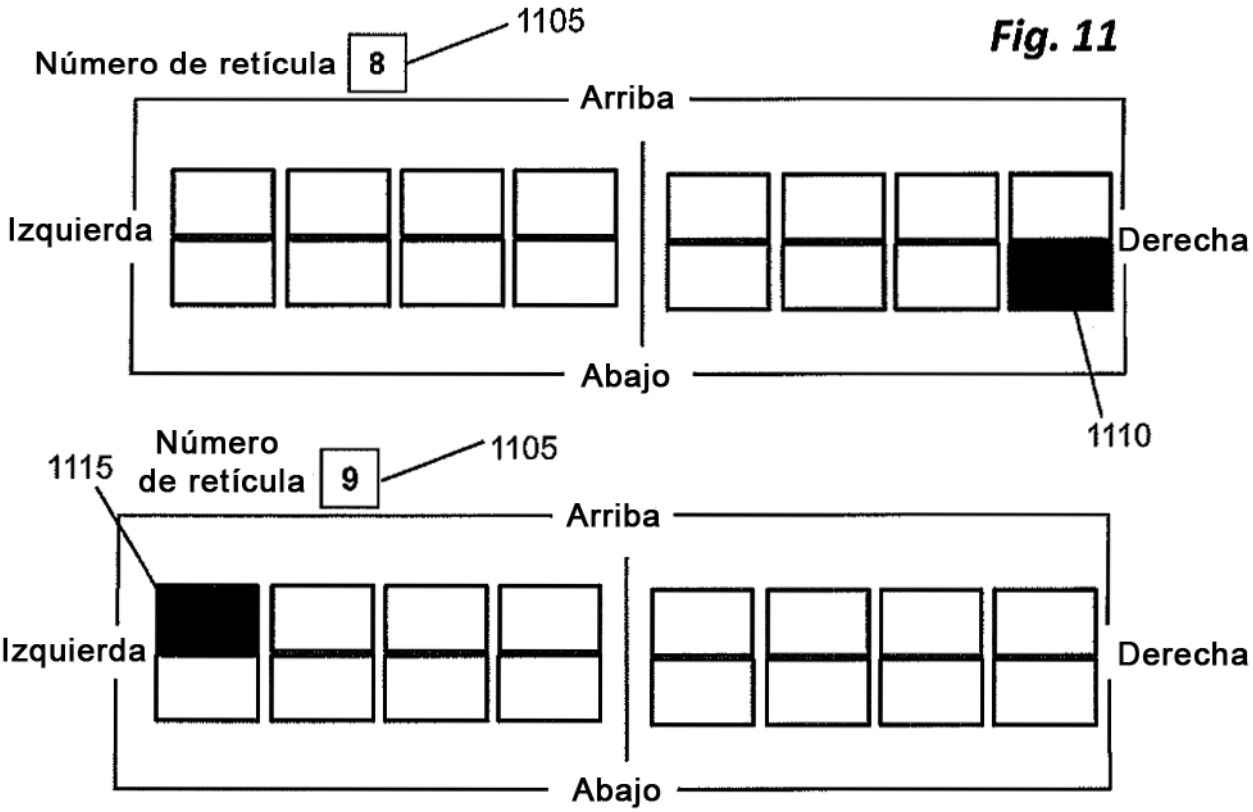

Número de retícula
8
1105
Arriba
Izquierda
Derecha
Abajo
1110
1115
Número de retícula
9
1105
Arriba
Izquierda
Derecha
Abajo

Fig. 11