

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 034**

21 Número de solicitud: 201500800

51 Int. Cl.:

G06T 11/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

05.11.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

05.06.2017

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2016/000123

71 Solicitantes:

GARCÍA CALDERÓN , Dario (100.0%)

La Ribera nº 6

30506 Altorreal (Molina de Segura) (Murcia) ES

72 Inventor/es:

GARCÍA CALDERÓN , Dario

54 Título: **Procedimiento de fabricación de modelos anatómicos y modelos obtenidos**

57 Resumen:

Procedimiento de fabricación de modelos anatómicos y modelos obtenidos comprendiendo:

- Obtención de información mediante diagnóstico por imagen.
- Obtención de modelo informatizado tridimensional de la estructura anatómica.
- Y fabricación las siguientes etapas:
 - Diseño del molde (1) negativo.
 - Impresión 3D del molde (1) negativo.
 - Impresión 3D de piezas rígidas (2) de elementos internos que se haya previsto.
 - Colocación de dichas piezas en el molde (1).
 - Se cierra el molde (1) y se sella.
 - Se inyecta en el molde (1) material blando (3).
 - Se desmolda.

El modelo anatómico (4) es un hígado con vasculatura hepato-biliar y tumores de piezas rígidas (2) y parénquima hepático, de material blando (3), o es una glándula mamaria con un tumor y tejido muscular de piezas rígidas (2), tejido mamario de material blando (3) y revestimiento externo (5) como piel.

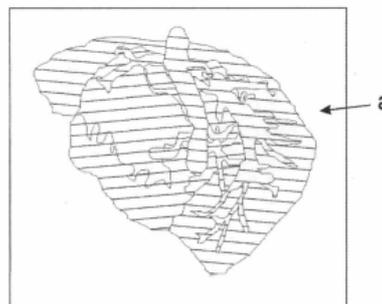


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS Y MODELOS
OBTENIDOS

5

OBJETO DE LA INVENCION

La invención, tal como expresa el enunciado de la presente memoria descriptiva, se refiere a un procedimiento de fabricación de modelos anatómicos y a los modelos obtenidos, aportando características, que se describirán en detalle más adelante, que suponen una
10 novedad en el estado actual de la técnica dentro de su campo de aplicación.

Más en particular, el objeto de la invención se centra en un procedimiento de fabricación de modelos anatómicos de órganos humanos, o partes de los mismos, en particular órganos
15 blandos, como pueden ser modelos de hígado o mama, que tienen utilidad en docencia y distintas disciplinas del sector médico, tales como la planificación y simulación de cirugías, incorporando notables innovaciones y ventajas frente a los actuales procedimientos de fabricación de los mismos. Siendo un segundo aspecto de la invención los propios modelos anatómicos obtenidos a partir de dicho procedimiento de fabricación.

20

CAMPO DE APLICACIÓN DE LA INVENCION

El campo de aplicación de la presente invención se enmarca dentro del sector de la medicina, centrándose particularmente en el ámbito de la industria dedicada a la fabricación
25 de modelos anatómicos destinados a la docencia u otras disciplinas del sector médico, tales como la planificación y simulación de cirugías.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

30 Como es sabido, los modelos anatómicos son representaciones físicas de distintas estructuras del cuerpo humano tales como órganos o extremidades. Tienen aplicación, entre otros campos, en docencia donde sirven de ayuda para la comprensión tridimensional estructural y funcional de las estructuras del cuerpo humano, y planificación y/o simulación de procedimientos quirúrgicos que permiten entrenar al cirujano en el procedimiento

solventando problemas inherentes al mismo.

En el estado de la técnica, es conocida la fabricación de modelos anatómicos estándar, es decir, modelos que en ningún caso corresponden con un paciente concreto y los cuales se fabrican mediante el empleo de moldes.

En el documento ES2523419A1 se describe un método de fabricación de modelos anatómicos específicos para cada paciente mediante una primera etapa, no considerada actividad inventiva, que consiste en la generación de un modelo tridimensional de la estructura de la que se quiere obtener el modelo anatómico a partir de un diagnóstico por imagen del paciente y una segunda etapa donde se imprime el modelo tridimensional directamente con una impresora 3D.

Sin embargo, la impresión directa de la pieza limita la obtención de modelos de órganos blandos, dado que los materiales de impresión 3D disponibles no rígidos presentan limitaciones de dureza y son caros. De esta forma modelos anatómicos de órganos blandos, tales como hígado o mama no serían posibles con la consistencia real del órgano, siendo solo factible obtenerlos duros sin la posibilidad de emular procedimientos quirúrgicos de corte y sutura, o con niveles de dureza mínimos de “shore A27” que no es suficiente para emular consistencia y deformación de estos órganos.

La publicación científica Zein, N. N. et al. *Three-dimensional print of a liver for preoperative planning in living donor liver transplantation. Liver Transpl.* 19, 1304–1310 (2013) imprime en 3D un hígado utilizando este procedimiento. Otras publicaciones científicas como Valverde, I. et al. *3D printed cardiovascular models for surgical planning in complex congenital heart diseases. Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 17, P196 (2015); Tam, M. D. B. S., Laycock, S. D., Brown, J. R. I. & Jakeways, M. *3D printing of an aortic aneurysm to facilitate decision making and device selection for endovascular aneurysm repair in complex neck anatomy. J. Endovasc. Ther.* 20, 863–867 (2013); Wang, J.-Q. et al. *Printed Three-dimensional Anatomic Templates for Virtual Preoperative Planning Before Reconstruction of Old Pelvic Injuries: Initial Results. Chinese Medical Journal* 128, 477 (2015) versan sobre la impresión 3D de diferentes modelos anatómicos.

El objetivo de la presente invención es, pues, desarrollar un mejorado procedimiento de

fabricación de moldes anatómicos para resolver los inconvenientes anteriormente descritos, debiendo señalarse que, el solicitante no tiene conocimiento de la existencia de ningún otro procedimiento o invención de aplicación similar que presente unas características semejantes a las que concretamente presenta el que aquí se preconiza, según se reivindica.

5

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Así, el procedimiento de fabricación de modelos anatómicos que la invención propone se configura como una destacable novedad dentro de su campo de aplicación, ya que, a tenor
10 de su implementación, se alcanzan satisfactoriamente los objetivos anteriormente señalados, estando los detalles caracterizadores del mismo convenientemente recogidos en las reivindicaciones finales que acompañan la presente descripción.

En concreto, lo que la invención preconiza, como se ha apuntado anteriormente, es un
15 procedimiento de fabricación de modelos anatómicos de órganos blandos, o partes de los mismos, en particular modelos de órganos como pueden ser de hígado o de mama, y, preferentemente, de pacientes concretos, comprendiendo las siguientes etapas esenciales:

- Exploración mediante técnicas de diagnóstico por imagen, tal como TAC (Tomografía
20 Axial Computarizada) con o sin reconstrucción vascular, RMN (Resonancia Magnética Nuclear), Ecografía, o técnica similar de la estructura anatómica de la cual se quiere fabricar el modelo anatómico.

- Empleo de software específico de procesamiento de imágenes médicas que permite
25 seleccionar (segmentar) los diferentes elementos de la estructura anatómica de interés a partir de las imágenes obtenidas en las técnicas arriba mencionadas y posteriormente obtener el modelo informatizado tridimensional de la estructura anatómica, que es importado a formato de estereolitografía (.stl) o similares, válidos para la impresión 3D.

30 - Fabricación del conjunto del modelo anatómico mediante la impresión 3D contemplando a su vez:

- En primer lugar, la fabricación del molde negativo de la estructura anatómica de interés, que es diseñado con un programa de diseño asistido por computadora

(CAD).

5 - A continuación la fabricación mediante impresión en 3D de piezas de material rígido o semirígido que constituyen ciertos elementos internos de la estructura anatómica, según se haya preestablecido en cada caso la necesidad de que se precise o no que puedan ser atravesados con instrumental médico, los cuales son colocados en el interior del molde.

10 - Posteriormente, se inyectan materiales blandos, tales como siliconas o geles de siliconas en el molde negativo con los elementos duros, previo estudio de la consistencia del órgano, para obtener una o más piezas de dicho material blando conformantes de la parte externa del modelo anatómico.

15 - Finalmente se desmolda obteniendo el modelo anatómico de interés en el que se distinguen claramente dos tipos de elementos, los elementos internos hechos de piezas rígidas o semirrígidas, preferentemente de materiales opacos y colores diferenciadores, y elementos externos hechos de material blando, preferentemente transparentes, permitiendo a través de ellos la visión de los elementos internos y acceso a los mismos con instrumental médico.

20 Es importante destacar que el procedimiento de la invención está particularmente referido a la fabricación de piezas no protésicas, y en ningún caso con aquellas que están fabricadas con material biológico, dado que la finalidad del modelo obtenido no está prevista para ser insertada en el interior del cuerpo, ya que su aplicación, como se ha señalado
25 anteriormente, es en docencia y distintas disciplinas de prueba o estudio del sector médico.

Gracias a estas características, se facilita a los profesionales de la salud y enseñanza modelos anatómicos personalizados a cada paciente de forma económica y con más funcionalidades que los modelos anatómicos actuales dado que permiten emular
30 procedimientos quirúrgicos.

Otras características y ventajas del método de fabricación objeto de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción de una realización preferida, pero no exclusiva, que se ilustra a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos que se acompañan.

En cualquier caso, se constata que el descrito procedimiento representa una innovación de características desconocidas hasta ahora para el fin a que se destina, razones que unidas a su utilidad práctica, la dotan de fundamento suficiente para obtener el privilegio de exclusividad que se solicita.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, de un juego de dibujos, en que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

La figura número 1.- Muestra una representación esquemática de la imagen de la reconstrucción tridimensional del hígado de un paciente, obtenida mediante software específico a partir de imágenes de diagnóstico, donde se aprecian las diferentes partes del órgano, y que constituye de una de las fases iniciales del procedimiento objeto de la invención, en un ejemplo del mismo para obtención de un modelo de hígado.

La figura número 2.- Muestra una vista esquemática en perspectiva del molde negativo del modelo anatómico del hígado mostrado en la figura precedente, incluyendo varios de los elementos internos del mismo construidos con material rígido, estando dicho molde representado solo en parte y abierto, para mostrar dichos elementos en su fase previa a la inyección del material blando.

La figura número 3.- Muestra una vista similar a la anterior, igualmente mostrando el molde abierto, en este caso ya con el material blando aplicado y seco, en fase de desmolde de la pieza final.

La figura número 4.- Muestra una representación esquemática del modelo anatómico obtenido como resultado final del procedimiento objeto de la invención, apreciándose su configuración y las partes y elementos que comprende.

Las figura número 5.- Muestra una vista de la representación de la reconstrucción

tridimensional de la mama de una paciente, y que constituye de una de las fases iniciales del procedimiento objeto de la invención, en un nuevo ejemplo del mismo para obtención de un modelo anatómico de mama.

5 La figura número 6.- Muestra otra fase del procedimiento donde el molde negativo se coloca entre soportes y un elemento interno, en este caso un tumor, se sujeta mediante varillas para la inserción del material blando.

10 Y la figura número 7.- Muestra una representación en perspectiva de la pieza de modelo anatómico de mama obtenida con el procedimiento de la invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

15 A la vista de las mencionadas figuras, y de acuerdo con la numeración adoptada, se puede apreciar en ellas sendos ejemplos de realización no limitativos del procedimiento de fabricación de modelos anatómicos de hígado (A) y de mama (B), el cual comprende lo siguiente:

Ejemplo (A) para modelos anatómicos de Hígado

20

El procedimiento de fabricación de modelos anatómicos de hígado comprende, en la primera etapa, la obtención de información acerca del hígado del paciente mediante un diagnóstico por imagen tal como un TAC (Tomografía Axial Computarizada) con o sin reconstrucción vascular, RMN (Resonancia Magnética Nuclear), Ecografía, Colangiografía o 25 técnica similar.

25

A continuación, en una segunda etapa, para la que se ha desarrollado un software especializado que selecciona (segmenta) automáticamente diferentes elementos del órgano; en concreto los siguientes elementos en las imágenes obtenidas: parénquima hepático, 30 vasculatura hepato-biliar diferenciando cada uno de los elementos y tumor (en caso de tenerlo). Será evidente que pueden también utilizarse otros programas conocidos por aquellos expertos en la materia, como el software 3D-Doctor o 3D Slicer. Utilizando estos programas se obtiene un modelo informatizado tridimensional del órgano completo, en este caso el hígado (a), tal y como se observa en la figura 1.

Posteriormente, en una tercera etapa se diseña, con un programa de diseño asistido por computador (CAD) tal como FreeCAD o Blender, un molde (1) negativo del hígado, es decir, del conjunto del órgano, incluyendo la vasculatura hepato-biliar y tumores, utilizando
5 herramientas disponibles en estos programas.

Preferentemente, el molde (1) se diseña en varias secciones (1a), como muestra la figura 2, para facilitar posteriormente su desmoldeo. Estas secciones (1a) disponen de tetones (1c) y orificios complementarios (1d) para su acople mútuo. Además, el diseño de la forma del
10 molde (1) con cajeados externos (1b) optimiza la cantidad de material utilizado.

Seguidamente se utiliza una impresora 3D, tal como la Prusa i3, para imprimir el molde (1) negativo diseñado. El material utilizado para la impresión puede ser cualquier material polimérico de los utilizados comúnmente para la fabricación de prototipos obtenidos a partir
15 de máquinas de impresión tridimensional. En esta realización, el material utilizado es, por ejemplo, PLA (ácido poliláctico).

A continuación se imprimen en 3D piezas rígidas (2) de los elementos internos del modelo que se haya previsto, en el caso del hígado la vasculatura hepato-biliar y tumores. El
20 material utilizado puede ser cualquier material rígido como el PLA utilizado anteriormente o materiales más blandos que tengan hasta shore 27A como TANGO. La impresora utilizada para este propósito es función del material usado. A continuación se colocan dichas piezas rígidas (2) la vasculatura hepato-biliar y tumor en el molde negativo (1), diseñado para tal propósito como muestra la figura 2.

25 Los tumores intrahepáticos, es decir, aquellos elementos internos que se encuentran inmersos en el órgano, en este caso el parénquima hepático y no pueden ser pegados en el molde (1), se colocan en su posición mediante el empleo de varillas (no mostradas) o mediante la impresión 3D de filamentos en la vasculatura hepatobiliar que conectan con el
30 tumor. Y, antes de la inserción del material blando (3) inyectado en una fase posterior, se eliminan estos soportes o filamentos, quedando los tumores embebidos en el material blando.

Posteriormente se aplica un tratamiento de material facilitador de desmoldeo tal como

vaselina sobre las superficies internas del molde y pegamentos sobre las superficies expuestas de las piezas rígidas, en este caso de la vasculatura hepato-biliar y tumores, para potenciar la adhesión de estos elementos al gel inyectado a continuación. Posteriormente se cierra el molde negativo (1) y se sella con material aislante.

5

A continuación se inyecta en el molde (1) con un material blando (3), preferentemente transparente, tal como un gel de silicona o silicona para crear el elemento externo del órgano, en este caso el parénquima hepático. El volumen de inyección es función del volumen de parénquima del modelo informático tridimensional.

10

Finalmente se desmolda, quedando formada la pieza o modelo anatómico (4) tal y como se muestra en la figura 3.

Opcionalmente, si el desmolde no es viable por la morfología del hígado o del órgano de que se trate, se imprime el molde negativo (1) en material soluble tal como ABS (acrilonitrilo butadieno estireno). En tal caso, en lugar de desmoldar, se sumerge el molde (1) en el disolvente del material utilizado quedando formada la pieza.

En cualquier caso, el modelo anatómico (4) obtenido es un órgano, en concreto un hígado, que comprende elementos internos, conformantes de la vasculatura hepato-biliar y tumores, constituidos por piezas rígidas (2) de PLA, y elementos externos, concretamente el parénquima hepático, de material blando (3) transparente, de gel de silicona o silicona.

Ejemplo (B) para modelos anatómicos de mama.

25

El procedimiento de fabricación de los modelos anatómicos de órganos mamarios según la invención comprende, en la primera etapa, la obtención de información acerca de la mama del paciente mediante técnicas de diagnóstico por imagen tal como un TAC (Tomografía Axial Computarizada), Mamografía, RMN (Resonancia Magnética Nuclear), Ecografía o técnica similar.

30

A continuación, en una segunda etapa, mediante un software especializado desarrollado al efecto, que selecciona (segmenta) automáticamente los diferentes elementos mamarios de la imagen obtenida: piel, tejido adiposo mamario, tejido fibroglandular mamario, tejido

muscular, tumor (en caso de tenerlo), vasculatura e inervación mamaria. Los elementos segmentados son función de la técnica de diagnóstico por imagen utilizada. Será evidente que pueden también utilizarse otros programas conocidos por aquellos expertos en la materia, como el software 3D-Doctor o 3D Slicer. De esta forma se obtiene un modelo
5 informatizado tridimensional de la región mamaria completa. La figura número 5 muestra una representación esquemática de diferentes vistas de las imágenes de dichos modelos tridimensionales de la mama (b) que se obtienen.

Posteriormente, en una tercera etapa se diseña, con un programa de diseño asistido por
10 computador (CAD) tal como FreeCAD o Blender, un molde negativo (1) del órgano, en este caso de la mama, utilizando herramientas disponibles en estos programas. A continuación se utiliza una impresora 3D, tal como Prusa i3 para imprimir el molde negativo (1) diseñado. El material utilizado para la impresión puede ser cualquier material polimérico de los utilizados comúnmente para la fabricación de prototipos obtenidos a partir de máquinas de
15 impresión tridimensional. En esta realización, el material utilizado es, por ejemplo, PLA (ácido poliláctico).

A continuación se aplica sobre la superficie del molde un material de revestimiento (5), tal como el latex, para crear la piel sobre el molde (1) tal y como se muestra en la figura 6. El
20 volumen de material utilizado es función del grosor de la piel en el modelo tridimensional. Además, previo a la aplicación de dicho revestimiento (5) se aplica sobre la superficie del molde (1) varias capas de material facilitador del desmolde posterior tal como la vaselina.

A continuación, si no es necesaria la presencia del tejido fibroglandular, vasculatura e
25 inervación en el modelo anatómico final, se imprime en 3D el elemento interno, en este caso el tumor como pieza rígida (2) del modelo a efectuar, y se coloca espacialmente en el interior del molde (1) mediante el empleo de varillas (6) que serán retiradas antes de la reticulación del material blando (3) inyectado en una fase posterior. El material de impresión utilizado puede ser cualquier material rígido como el PLA utilizado anteriormente o
30 materiales más blandos que tengan hasta shore 27A como los similares al caucho de la familia TANGO. La impresora utilizada para este propósito es función del material usado.

Posteriormente se colocan soportes (7) en el exterior del molde (1), tal y como muestra la figura 6, con el propósito de que, tras realizar la inyección posterior de material blando (3)

que emula el tejido adiposo, este pueda retenerse por encima del molde emulando el tejido adiposo mamario inferior. Los soportes (7) también pueden imprimirse con el molde negativo de la mama. A continuación se inyecta material blando (3) por la parte abierta del molde como geles de silicona o siliconas. El volumen de inyección es función del volumen de tejido
5 adiposo y tejido muscular del modelo informático tridimensional. Posteriormente se imprime en 3D el tejido muscular, también como elemento interno del modelo, hecho con piezas rígidas (2), y se coloca espacialmente sobre el material blando (3) aun no reticulado. El material de impresión utilizado puede ser cualquier material rígido como el PLA utilizado anteriormente o materiales más blandos que tengan hasta shore 27A como TANGO. La
10 impresora utilizada para este propósito es función del material usado. Por último, se desmolda quedando formada pieza o modelo anatómico (4).

Como en el ejemplo anterior, opcionalmente, si el desmolde no es viable dada la morfología de la mama se imprime el molde (1) en material soluble tal como ABS (acrilonitrilo
15 butadieno estireno), en cuyo caso, en lugar de desmoldar, se sumerge el molde en el disolvente del material utilizado quedando formada la pieza.

Si es necesaria la presencia elementos internos adicionales (8) en el modelo anatómico final, por ejemplo del tejido fibroglandular, vasculatura e inervación, se imprimen en 3D estos
20 elementos con material soluble tal como ABS que es soluble en agua y se colocan en el molde utilizando adhesivos para tal propósito. Posteriormente se continúa el proceso de fabricación inyectando el material blando (3) tal como gel de silicona o silicona. Una vez el material blando a reticulado, se inyecta con aguja fina el disolvente del material soluble en las zonas donde se encuentran estos elementos, disolviéndose el material y dejando los
25 huecos correspondientes que son rellenados con siliconas o geles de siliconas de diferentes colores. E También pueden imprimirse estos elementos en cualquier material rígido como el PLA utilizado anteriormente o materiales más blandos que tengan hasta shore 27A como TANGO. Posteriormente son colocados en el molde y continúa el proceso de fabricación con la impresión 3D del tumor.

30 Con ello, en este ejemplo, el modelo anatómico (4) obtenido de órgano es una glándula mamaria que comprende elementos internos consistentes en un tumor y tejido muscular constituido por una o más piezas rígidas (2) de PLA, elementos internos adicionales (8) de silicona de colores que representan tejido fibroglandular, vasculatura e inervación, tejido

mamario de material blando (3) de gel de silicona o silicona transparente y un revestimiento externo (5) de látex, siliconas o poliuretanos que representa la piel.

5 Descrita suficientemente la naturaleza de la presente invención, así como la manera de ponerla en práctica, no se considera necesario hacer más extensa su explicación para que cualquier experto en la materia comprenda su alcance y las ventajas que de ella se derivan, haciéndose constar que, dentro de su esencialidad, podrá ser llevada a la práctica en otras formas de realización que difieran en detalle de las indicadas a título de ejemplo, y a las cuales alcanzará igualmente la protección que se recaba siempre que no se altere, cambie
10 lo fundamental.

REIVINDICACIONES

- 1.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS de órganos o partes de los mismos de un paciente determinado, como pueden ser de hígado o de mama, aplicables para su utilización en docencia y disciplinas médicas, como la planificación y simulación de cirugías, que comprendiendo:
- Obtención de información de la estructura anatómica del órgano, mediante técnicas de diagnóstico por imagen, tal como TAC (Tomografía Axial Computarizada) con o sin reconstrucción vascular, RMN (Resonancia Magnética Nuclear), Ecografía.
 - Empleo de software de procesamiento de imágenes médicas para seleccionar (segmentar) los diferentes elementos de la estructura anatómica de interés a partir de las imágenes obtenidas y obtención de un modelo informatizado tridimensional de la estructura anatómica, que es importado a formato válido para la impresión 3D.
 - Y fabricación del modelo anatómico mediante la impresión 3D
- está, **caracterizado** porque dicha fabricación mediante impresión 3D comprende las siguientes etapas:
- Diseño, con programa de diseño asistido por computador (CAD), de un molde (1) negativo del conjunto del órgano.
 - Impresión, con impresora 3D, del molde (1) negativo diseñado.
 - Impresión, con impresora 3D de piezas rígidas (2) correspondientes a elementos internos del modelo que se haya previsto.
 - Colocación de dichas piezas rígidas (2) en el molde negativo (1).
 - Aplicación de un tratamiento de material facilitador de desmolde tal como vaselina sobre las superficies internas del molde (1) y pegamentos sobre las superficies expuestas de las piezas rígidas (2).
 - Se cierra el molde (1) negativo y se sella con material aislante.
 - Se inyecta en el molde (1) material blando (3).
 - Se desmolda, quedando formada la pieza o modelo anatómico (4).
- 2.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el material blando (3) que se inyecta es gel de silicona o silicona.

3.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según la

reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el molde (1) se diseña en varias secciones (1a).

4.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque la forma del molde (1) presenta cajeados externos (1b).

5.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el material utilizado para la impresión del molde (1) es PLA (ácido poliláctico).

6.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque el material en que se imprime el molde negativo (1) es soluble y, para desmoldar, se sumerge el molde (1) en el disolvente del material utilizado.

7.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el material en que se imprime el molde negativo (1) es ABS (acrilonitrilo butadieno estireno).

8.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque el material utilizado para la impresión en 3D de las piezas rígidas (2) de los elementos internos del modelo es PLA.

9.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el material blando (3) es transparente.

10.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque aquellos elementos internos formados por piezas rígidas (2) que se encuentran inmersos en el órgano y no pueden ser pegados en el molde (1), se colocan en su posición mediante el empleo de varillas, y, antes de la inserción del material blando (3) inyectado en una fase posterior, se eliminan, quedando embebidos en el material blando.

11.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según

5 cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque aquellos elementos internos formados por piezas rígidas (2) que se encuentran inmersos en el órgano y no pueden ser pegados en el molde (1), se colocan en su posición mediante la impresión 3D de filamentos y, antes de la inserción del material blando (3) inyectado en una fase posterior, se eliminan quedando embebidos en el material blando.

10 12.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque, cuando el órgano tiene piel, como una glándula mamaria, antes de colocar las piezas rígidas (2), se aplica sobre la superficie del molde (1) un material de revestimiento (5) y previo a la aplicación de dicho revestimiento (5) se aplica sobre la superficie del molde (1) varias capas de material facilitador del desmolde posterior, tal como la vaselina.

15 13.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según la reivindicación 12, **caracterizado** porque el material de revestimiento (5) es látex, siliconas o poliuretanos.

20 14.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** porque, cuando el órgano es una glándula mamaria, se colocan soportes (7) en el exterior del molde (1), previamente a la inyección del material blando (3), con el propósito de que, tras realizar la inyección posterior de material blando (3) que emula el tejido adiposo.

25 15.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según la reivindicación 14, **caracterizado** porque los soportes (7) se imprimen con el molde (1) negativo de la mama.

30 16.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE MODELOS ANATÓMICOS, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** porque cuando es necesaria la presencia elementos internos adicionales (8) en el modelo anatómico final, se imprimen en 3D estos elementos con material soluble en agua y se colocan en el molde (1) utilizando adhesivos. Posteriormente se continúa el proceso de fabricación inyectando el material blando (3) y, una vez reticulado, se inyecta con aguja fina el disolvente del material soluble en las zonas donde se encuentran estos elementos dejando los huecos correspondientes

que son rellenos con siliconas o geles de siliconas de diferentes colores.

5 17.- MODELO ANATÓMICO, obtenido mediante un procedimiento como el descrito en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque es un hígado que comprende elementos internos, conformantes de la vasculatura hepato-biliar y tumores, constituidos por piezas rígidas (2), y elementos externos, concretamente el parénquima hepático, de material blando (3).

10 18.- MODELO ANATÓMICO, obtenido mediante un procedimiento como el descrito en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado** porque es una glándula mamaria que comprende elementos internos consistentes en un tumor y tejido muscular, constituido por una o más piezas rígidas (2), tejido mamario de material blando (3) y un revestimiento externo (5) que representa la piel.

15 19.- MODELO ANATÓMICO, según la reivindicación 18, **caracterizado** porque comprende elementos internos adicionales (8) que representan tejido fibroglandular, vasculatura e inervación.

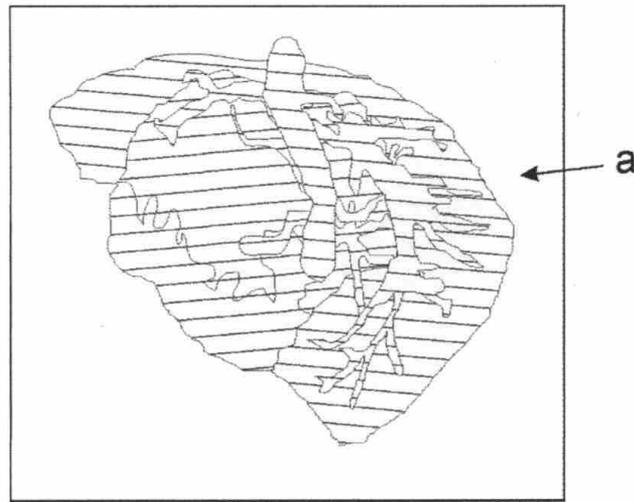


FIG. 1

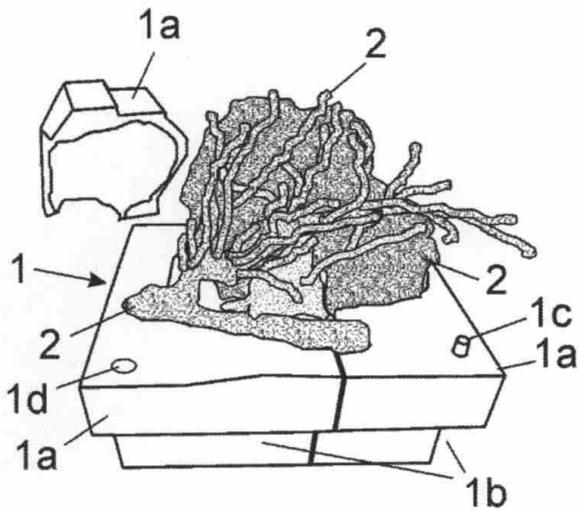


FIG. 2

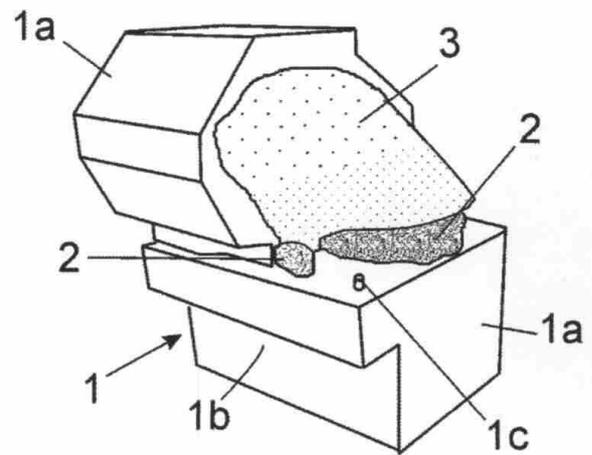


FIG. 3

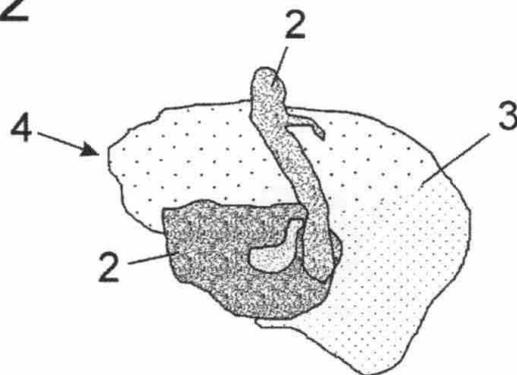


FIG. 4

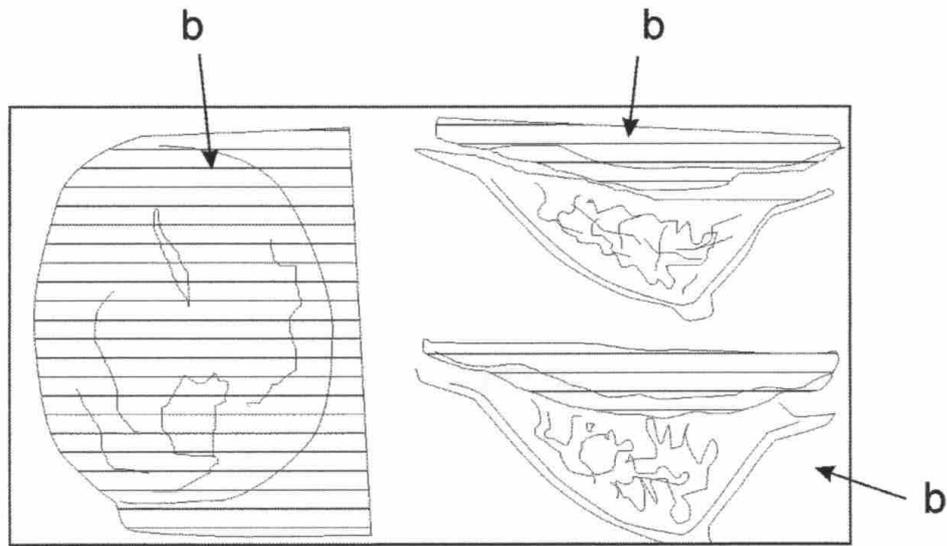


FIG. 5

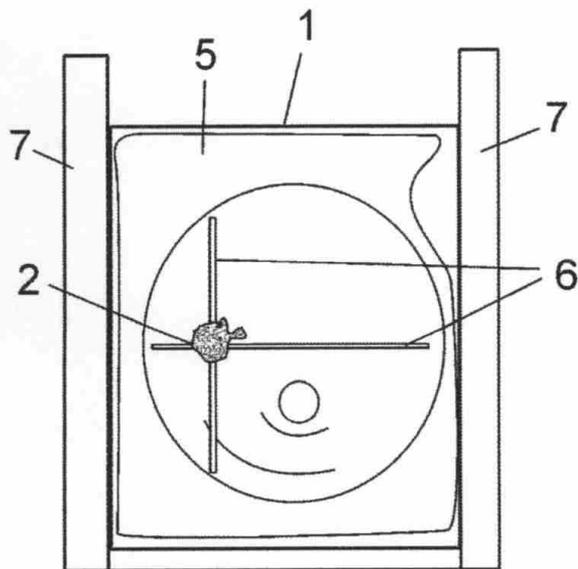


FIG. 6

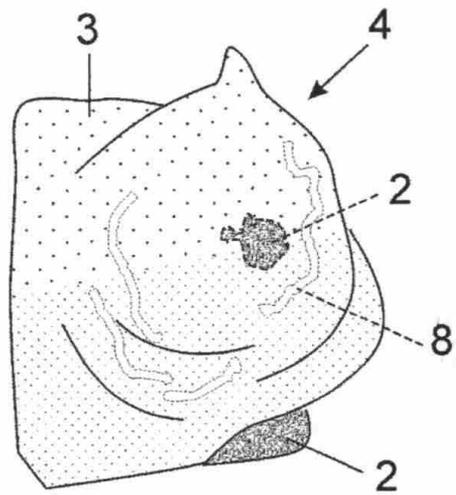


FIG. 7