

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 119**

51 Int. Cl.:

A61C 8/00 (2006.01)

A61C 13/00 (2006.01)

A61C 13/34 (2006.01)

A61C 1/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.04.2009 PCT/US2009/040375**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2009 WO09146164**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2009 E 09755526 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2276417**

54 Título: **Método de creación de un modelo dental digital preciso de huesos y tejidos blandos**

30 Prioridad:

15.04.2008 US 124195 P

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

25.09.2018

73 Titular/es:

**BIOMET 3I, LLC (100.0%)
4555 Riverside Drive
Palm Beach Gardens, FL 33410, US**

72 Inventor/es:

**BERCKMANS, BRUCE, III y
SUTTIN, ZACHARY, B.**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 683 119 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de creación de un modelo dental digital preciso de huesos y tejidos blandos

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a sistemas de implantes dentales. Más particularmente, la presente invención se refiere a métodos para crear y usar modelos dentales digitales precisos de huesos y tejidos blandos, planos quirúrgicos y guías quirúrgicas.

10

Antecedentes de la invención

15 La restauración dental de un paciente parcial o totalmente desdentado con dentición artificial se realiza típicamente en dos etapas. En la primera etapa, se hace una incisión a través de la encía para exponer el hueso subyacente. Después de que una serie de brocas de perforación crea una osteotomía en el hueso, se coloca un implante dental en la mandíbula para la oseointegración. El implante dental generalmente incluye un orificio roscado para recibir un tornillo de retención que contiene componentes de acoplamiento en este. Durante la primera etapa, el tejido de la encía que cubre el implante se sutura y cicatriza a medida que continúa el proceso de oseointegración.

20 Una vez que se completa el proceso de oseointegración, se inicia la segunda etapa. Aquí, el tejido de la encía vuelve a abrirse para exponer el extremo del implante dental. Un componente de cicatrización o pilar de cicatrización se sujeta al extremo expuesto del implante dental para permitir al tejido de la encía cicatrizar alrededor. Preferentemente, el tejido de la encía cicatriza de manera que la abertura que permanece generalmente se aproxima al tamaño y al contorno de la abertura que existía alrededor del diente natural que se reemplaza. Para lograr esto, el pilar de cicatrización unido al extremo expuesto del implante dental tiene el mismo contorno general que la porción gingival del diente natural que se reemplaza.

30 Durante la segunda etapa típica de la restauración dental, se retira el pilar de cicatrización y se ajusta una copia de impresión en el extremo expuesto del implante. Esto permite tomar una impresión de la región específica de la boca del paciente para que se construya de manera precisa un diente artificial. Después de estos procesos, un laboratorio dental crea una prótesis que se fija de manera permanente al implante dental a partir de la impresión que se realizó.

35 Además del sistema más tradicional para colocar los implantes dentales descritos anteriormente, algunos sistemas usan la colocación guiada de los implantes dentales. Para hacerlo, se coloca una guía quirúrgica en la boca del paciente en una ubicación conocida. La guía quirúrgica incluye aberturas para proporcionar la colocación exacta de las brocas de perforación usadas para crear la osteotomía. Una vez que se completa la osteotomía, la guía quirúrgica puede permitir que el implante dental se coloque a través de la misma abertura e ingrese en la osteotomía que fue guiada por la guía quirúrgica.

40 Las guías quirúrgicas generalmente se crean basadas en un escaneo dental (por ejemplo, mediante el uso de un escáner de tomografía computarizada ("CT")) de la boca del paciente. Un escáner CT proporciona los detalles del tejido óseo, la mandíbula y los dientes restantes del paciente para que la guía quirúrgica pueda desarrollarse basada en el diseño asistido por computadora ("CAD") y la fabricación asistida por computadora ("CAM"). Un ejemplo del uso de un escáner CT se describe en la publicación de patente de Estados Unidos núm. 2006/0093988 de Swaelens y otros. ("Swaelens").
45 Swaelens también describe el uso de varios tubos que pueden colocarse dentro de una guía quirúrgica para recibir brocas de perforación e implantes. Un ejemplo del uso de una tomografía computarizada para desarrollar un plan quirúrgico que implica una guía quirúrgica se describe en la solicitud de patente de Estados Unidos con número de serie 61/003.407, archivada en noviembre 16, 2007, y se describe en la literatura del producto del sistema Navigator™ de Biomet 3i, "Navigator™ System For CT Guided Surgery Manual" que está disponible públicamente. Otro ejemplo del uso de una tomografía computarizada para desarrollar un plan quirúrgico se describe en la publicación de Patente de Estados Unidos núm. 2006/0093988.

50 Las tomografías computarizadas tienden a producir datos altamente precisos para el tejido duro (como el tejido óseo o los dientes) pero producen datos menos precisos para los tejidos blandos (tal como el tejido gingival). Por lo tanto, los modelos digitales anatómicos 3D existentes y las guías quirúrgicas generalmente no representan de manera precisa el tejido gingival que cubre la mandíbula del paciente. Otras técnicas para adquirir datos del tejido gingival, tal como el uso de un dispositivo de escaneo infundido con sulfato de bario, requieren mucho tiempo y/o trabajo y, a menudo, no son particularmente precisas.

60 Otros métodos se usan típicamente para producir datos precisos de los tejidos blandos. Por ejemplo, los datos de los tejidos blandos pueden obtenerse al tomar una impresión del interior de la boca de un paciente, mediante el uso de un escáner intraoral, o similar. Sin embargo, estos métodos no proporcionan datos precisos que se relacionan con el tejido duro de la boca del paciente y, por lo tanto, no pueden aprovecharse para mejorar la calidad de los modelos digitales anatómicos 3D y las guías quirúrgicas subsecuentes creadas mediante el uso de estos modelos.

65

5 Cuando se considera el plan dental y/o quirúrgico para un paciente específico, la profundidad máxima del extremo distal del implante dental dentro del hueso es importante para evitar la cavidad sinusal y el canal mandibular. Además, la ubicación del implante o los implantes con relación a la superficie gingival y el hueso subyacente es importante, especialmente uno que involucra la colocación de varios implantes dentales. Por lo tanto, es importante que se obtengan
 5 datos precisos que se relacionan con el tejido duro (por ejemplo, la estructura ósea y los dientes) y el tejido blando (por ejemplo, el tejido gingival) de la boca del paciente y se usen para crear un modelo digital anatómico 3D a a partir del cual pueda desarrollarse la guía quirúrgica.

10 El documentoWO 2007/134701 se dirige a la simulación de colocación de implantes dentales y al software para crear archivos de planificación digital personalizados. La publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos núm. 2002/0059049 se dirige a los métodos y sistemas para la rápida personalización de dispositivos biomédicos mediante el uso de sistemas informáticos y redes de información, tal como Internet.

15 Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar un método mejorado para crear un modelo digital altamente preciso que incorpore datos precisos que se relacionan tanto con el tejido duro como con el tejido blando de la boca del paciente y que forme una base precisa a partir de la cual se cree un modelo quirúrgico, una guía quirúrgica subsecuente y pilares personalizados.

20 Resumen de la invención

25 La invención se define en las reivindicaciones, en donde se describe un método de creación de un modelo digital anatómico 3D para determinar una ubicación deseada para colocar al menos un implante dental en la boca de un paciente. El método comprende la acción de obtener un primer conjunto de datos asociados con tejido duro de la boca del paciente. El método comprende además la acción de obtener un segundo conjunto de datos asociados con el tejido blando de la boca del paciente. El método comprende además la acción de combinar el primer conjunto de datos y el segundo conjunto de datos para crear una estructura detallada de tejido duro y tejido blando que tiene dimensiones variables sobre el tejido duro.

30 En donde se describe adicionalmente un método para desarrollar una guía quirúrgica para guiar la inserción de al menos un implante dental en una ubicación deseada en la boca de un paciente. El método comprende la acción de obtener un primer conjunto de datos asociados con el tejido duro de la boca del paciente y un segundo conjunto de datos asociado con el tejido blando de la boca del paciente. El método comprende además la acción de formar un modelo digital anatómico 3D que incluye el primer conjunto de datos y el segundo conjunto de datos. El método comprende además la acción de crear un plan quirúrgico definido por el modelo digital anatómico 3D. El plan quirúrgico incluye posiciones de implantes virtuales. El método comprende además la acción de escanear un modelo moldeado de la boca del paciente para obtener un tercer conjunto de datos. El método comprende además la acción de combinar el tercer conjunto de datos con el modelo digital anatómico 3D. El método comprende además la acción de colocar al menos un análogo de implante en el material moldeado en una ubicación que replica la ubicación de al menos un implante virtual de acuerdo con el plan quirúrgico. El método comprende además la acción de unir al menos un montaje de análogo de implante y al menos un tubo maestro en el modelo moldeado de acuerdo con el plan quirúrgico para formar un molde maestro. El método comprende además la acción de verter un material fluido sobre el molde maestro y alrededor de al menos un tubo maestro. El método comprende además la acción de permitir que el material fluido se endurezca. El material endurecido forma la guía quirúrgica. El método comprende además la acción de retirar al menos un montaje de análogo de implante y la guía quirúrgica del molde maestro.

45 El método comprende además un método para desarrollar una guía quirúrgica para guiar la inserción de al menos un implante dental en una ubicación deseada en la boca de un paciente. El método comprende la acción de escanear el interior de la boca del paciente para obtener un primer conjunto de datos asociados con el tejido óseo, los dientes o una combinación de estos. El método comprende además la acción de tomar una impresión de la boca del paciente. El método comprende además la acción de escanear la impresión para obtener un segundo conjunto de datos asociado con una superficie gingival. El método comprende además la acción de fusionar el primer conjunto de datos con el segundo conjunto de datos para formar un modelo digital anatómico 3D que tiene datos del grosor gingival. El método comprende además la acción de formar un modelo moldeado a partir de la impresión. El método comprende además la acción de crear un plan quirúrgico que tiene implantes virtuales a través del modelo digital anatómico 3D, los implantes virtuales que tienen la información de ubicación asociada a estos. El método comprende además la acción de escanear el modelo moldeado para obtener un tercer conjunto de datos. El método comprende además la acción de, usar un robot, colocar al menos un análogo de implante en el modelo moldeado en una posición dictada por la información de ubicación del implante virtual.

60 El método comprende además un método para desarrollar un modelo 3D de la boca del paciente. El método comprende la acción de escanear el interior de la boca del paciente para obtener un primer conjunto de datos que incluye datos asociados con la mandíbula, el tejido óseo, los dientes o combinaciones de estos. El método comprende además la acción de escanear el interior de la boca del paciente o una impresión de la boca del paciente para obtener un segundo conjunto de datos que incluye datos asociados con la superficie gingival. El método comprende además la acción de fusionar el primer conjunto de datos con el segundo conjunto de datos para formar un conjunto combinado de datos. El método comprende además la acción de eliminar datos superpuestos del conjunto de datos combinados para formar un conjunto

de datos modificado. El método comprende además la acción de adicionar datos de los tejidos blandos asociados con la región entre la superficie gingival y la mandíbula al conjunto combinado de datos.

5 Un método que no cae dentro del alcance de las reivindicaciones describe un método para colocar un implante dental y una prótesis en la boca de un paciente. El método comprende la acción de desarrollar un modelo digital anatómico 3D basado en datos del tejido duro obtenidos de una tomografía computarizada de la boca del paciente y datos del tejido blando obtenidos de un escáner intraoral o una impresión dental de la boca del paciente. El método comprende además la acción de desarrollar un modelo moldeado de la boca del paciente. El método comprende además la acción de escanear el modelo moldeado para obtener datos del molde. El método comprende además la acción de fusionar el modelo digital anatómico 3D con los datos del molde para obtener datos fusionados. El método comprende además la acción de desarrollar un molde maestro mediante la instalación de un análogo de implante dental para replicar una ubicación deseada del implante dental en el modelo moldeado mediante el uso de los datos fusionados. El método comprende además la acción de desarrollar en el molde maestro una guía quirúrgica para usar en la colocación del implante dental en la boca del paciente. La guía quirúrgica incluye al menos una abertura generalmente adyacente al análogo de implante dental. El método comprende además la acción de colocar la guía quirúrgica en la boca del paciente. El método comprende además la acción de instalar el implante dental a través de al menos una abertura en la guía quirúrgica. El método comprende además la acción de, después de instalar el implante dental, retirar la guía quirúrgica de la boca del paciente. El método comprende además la acción de unir una prótesis dental al implante dental.

20 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1A ilustra un implante, un tubo maestro para el uso en una guía quirúrgica, y un tubo guía para el uso con el tubo maestro;

25 La Figura 1B ilustra esquemáticamente las diversas dimensiones axialmente orientadas de los componentes en la Figura 1A;

Las Figuras 2A-2C son vistas lateral, isométrica y superior de un montaje de implante para el uso en la introducción de un implante en la osteotomía en la boca del paciente;

La Figura 3 ilustra el montaje de implante de las Figuras 2A-2C unidos al implante de las Figuras 1A-1B;

30 Las Figuras 4A-4C son vistas de un tubo maestro que puede colocarse en una guía quirúrgica;

Las Figuras 5A-5B son vistas laterales y superiores de un montaje de análogo de implante que puede usarse para desarrollar la guía quirúrgica;

La Figura 6 es una vista lateral del montaje de análogo de implante en la Figura 5A-5B que se usa con un análogo de implante;

35 La Figura 7A es un diagrama de flujo que detalla un método de formación de un plan quirúrgico de acuerdo con un proceso;

La Figura 7B es un modelo de computadora 3D (un modelo virtual) de una porción de la boca de un paciente;

La Figura 8 es un diagrama de flujo que detalla un método de formación de un molde maestro mediante el uso del plan quirúrgico de las Figuras 7A-7B de acuerdo con un proceso;

La Figura 9 ilustra material moldeado fluido que se vierte en una impresión de la superficie gingival de un paciente para desarrollar un modelo moldeado de la mandíbula del paciente;

40 La Figura 10A ilustra un robot que puede usarse para modificar el modelo moldeado de la Figura 9;

La Figura 10B ilustra el robot de la Figura 10A a medida que crea una abertura en el modelo moldeado;

La Figura 10C ilustra el robot de la Figura 10A después de que ha creado una abertura en el modelo moldeado;

La Figura 10D ilustra el robot de la Figura 10A que coloca un análogo de implante en el modelo moldeado;

45 La Figura 10E ilustra los detalles de la abertura del modelo moldeado después que el robot de la Figura 10A ha colocado el análogo de implante en este;

La Figura 11 ilustra un molde maestro formada mediante el uso del proceso de las Figuras 8 y 10 de acuerdo con una modalidad;

La Figura 12 es un diagrama de flujo que detalla un método de formación una guía quirúrgica de acuerdo con un proceso;

50 Las Figuras 13A-13B ilustran la combinación de los análogos de implante y los montajes asociados de la Figura 6 después de colocarse en molde maestro de la Figura 11;

La Figura 14 es una vista superior de una guía quirúrgica que puede usarse en la boca de un paciente para guiar la colocación de ocho implantes dentales; y

La Figura 15 ilustra la guía quirúrgica de la Figura 14 fijada en la boca del paciente.

55 Descripción de las modalidades ilustrativas

La presente invención se dirige a métodos para desarrollar un modelo digital anatómico 3D único, altamente preciso que representa de manera precisa los datos del tejido duro y los datos del tejido blando. Tal modelo es necesario para la planificación quirúrgica por computadora y una guía quirúrgica precisa.

60 Las Figuras 1-4 ilustran ejemplos de implantes, soportes de implante, tubos maestros y brocas de perforación que pueden usarse con una guía quirúrgica formada de acuerdo con las modalidades de la presente invención. Las Figuras 5-6 ilustran los análogos de implante y los montajes de análogos de implante que pueden usarse para formar la guía quirúrgica. Estos componentes se describen también en la solicitud de patente de Estados Unidos con número de serie 61/003.407, la cual se incorpora en la presente descripción como referencia en su totalidad.

65

La Figura 1A ilustra algunos de los componentes externos usados para instalar un implante dental 10 durante la cirugía dental en la boca de un paciente de acuerdo con un plan quirúrgico predeterminado. La Figura 1B ilustra las dimensiones, las cuales se describen con más detalle a continuación, que se usan para garantizar la ubicación axial adecuada del implante dental 10 en el hueso del paciente. Como se muestra, el implante 10 incluye una característica no giratoria 12 en forma de un casquillo hexagonal y un orificio roscado 14 ubicado debajo de la característica no giratoria 12. La característica no giratoria 12 también puede tener otras formas internas, tal como una forma poligonal o no redonda diferente, y también puede estar presente en una forma externa, tal como en un saliente hexagonal (u otro poligonal o no redondo) que sobresale por encima de la superficie superior del implante 10. Los componentes externos incluyen un tubo maestro 20 que se ubicará dentro de una guía quirúrgica, el cual se describe con más detalle a continuación, y un tubo guía 30 que tiene un labio superior 32. El tubo guía 30 es como un casquillo que se ajusta cómodamente dentro del tubo maestro 30 de manera que el labio superior 32 descansa sobre la superficie superior del tubo maestro 20.

Con referencia a la Figura 1B, para ubicar adecuadamente el implante 10 en la dirección axial de acuerdo con el plan quirúrgico, debe conocerse la dimensión de longitud "C" del implante 10. Además, la dimensión "A" es la distancia desde la superficie de asiento del implante 10 hasta el fondo del tubo maestro 20, que tiene una longitud conocida de la dimensión "D". La dimensión "B" es el grosor del labio 32 del tubo guía 30, el cual recibe brocas de perforación para perforar la osteotomía. La dimensión "E" es la dimensión de la longitud de un montaje de implante (por ejemplo, el montaje de implante 40 de las Figuras 2A-2C) y el montaje de análogo de implante (por ejemplo, el montaje de análogo de implante 100 de la Figura 5A) que se unirá al implante 10 y se usará para impulsar el implante 10 dentro del hueso de acuerdo con el plan quirúrgico. La guía quirúrgica que se describe a continuación tendrá una dimensión axial directamente sobre cada implante 10 que es mayor que la dimensión "D" pero menor que la dimensión "E". Esta dimensión axial de la guía quirúrgica sobre el implante dental 10 se elegirá para asegurar que la distancia "E" sea igual a una de varias longitudes conocidas y estándar para el montaje de implante 40 (por ejemplo, 7.5 mm, 9 mm, 10.5 mm, 12 mm). En resumen, las dimensiones "A", "B", "C", "D" y "E" de la Figura 1B se consideran en el desarrollo de la guía quirúrgica que colocará cada implante dental 10 de acuerdo con el plan quirúrgico.

Las Figuras 2A, 2B y 2C ilustran una longitud del montaje de implante 40 que puede usarse con el implante dental 10. Los montajes de implante generalmente están disponibles en varias longitudes y diámetros correspondientes con varios anchos de implante. El montaje de implante 40 incluye una característica no giratoria 42 (como se muestra, un saliente hexagonal) en un extremo del cuerpo principal 44 para acoplarse con la característica no giratoria 12 del implante 10. En el otro extremo del cuerpo principal 44 está un borde 46 que tiene una pluralidad de muescas 47. Un elemento de accionamiento 48 se ubica por encima del borde 46 para recibir el torque a partir de un accionamiento manual o de potencia para hacer girar el implante 10 unido al hueso del paciente. El montaje de implante 40 incluye además un orificio que recibe un tornillo 49 que se extiende a través de todo el montaje de implante 40. El orificio puede incluir roscas internas 50 para capturar las roscas del tornillo 49 de manera que el tornillo 49 y el montaje del implante 40 se mantengan unidos incluso cuando el montaje de implante 40 no se una a un implante dental 10.

Para propósitos de alineación visual, cada muesca 47 se alinea con una superficie de la característica no giratoria 42 del montaje de implante 40. En la modalidad ilustrada, cada muesca 47 también se alinea con una superficie del elemento de accionamiento 48. Por lo tanto, las muescas 47 ayudan a identificar la orientación de la característica no giratoria subyacente 42. Esto es importante debido a que, una vez que el implante 10 se instala en el hueso del paciente, la característica no giratoria 12 del implante 10 debe estar en una posición angular conocida en el hueso del paciente para un componente protésico predefinido (por ejemplo, una barra, un pilar, etcétera) para alinearse en la orientación angular adecuada cuando su característica no giratoria se acopla con la característica no giratoria 12 del implante 10.

La Figura 3 ilustra el implante dental 10 unido al montaje de implante 40 a través del tornillo 49. Adicionalmente, la característica no giratoria 12 del implante 10 se acopla a la característica no giratoria 42 del montaje de implante 40. Debido a la posición de las muescas 47 en el borde 46, cada muesca 47a se alinea con las superficies correspondientes 12a, 42a de las características no giratorias 12, 42. En consecuencia, aunque un clínico no puede ver la característica no giratoria 12 del implante 10, el clínico todavía conoce la orientación angular de la característica no giratoria 12 al inspeccionar las muescas 47 en el montaje de implante 40.

Las Figuras 4A-4C ilustran los detalles del tubo maestro 20 de acuerdo con una modalidad. El tubo principal 20 incluye un cuerpo principal 82 con muescas 84 ubicadas en la superficie superior 86. El tubo maestro 20 incluye una superficie lateral rugosa 88 que permite al tubo maestro 20 unirse mejor al material de la guía quirúrgica (por ejemplo, la guía quirúrgica 390 de la Figura 14). Como se muestra, la superficie rugosa 88 incluye una ranura en espiral alrededor de la circunferencia del cuerpo principal 82 y ranuras axiales a lo largo del eje central del cuerpo principal 82 que se intersectan con las ranuras en espiral. En otras modalidades, el cuerpo principal 82 puede ser una superficie moleteada o tener cualquier otra estructura superficial que ayude a fijar el tubo maestro 20 dentro del material de la guía quirúrgica.

El tubo maestro 20 puede venir en diferentes tamaños para acomodar implantes dentales que tienen diferentes diámetros. Por ejemplo, puede usarse un tubo maestro 20 con un diámetro interno de 4.1 mm para los implantes 10 que tienen diámetros de 4.0 mm o menores. Adicionalmente, puede usarse un tubo maestro 20 con un diámetro interno de 5.1 mm para los implantes 10 que tienen diámetros entre 4.0 mm y 5.0 mm.

De acuerdo con una modalidad, un tubo maestro puede incluir un borde en la superficie superior que permite retener el tubo maestro axialmente en la guía quirúrgica con una mejor precisión. La superficie inferior del borde se acopla con el material de la guía quirúrgica, para resistir cualquier movimiento axial del tubo maestro con relación a la guía quirúrgica. El borde puede descansar en la superficie superior de la guía quirúrgica o dentro de una abertura escariada dentro de la superficie superior de la guía quirúrgica. En cualquier caso, las dimensiones "A", "B", "C", "D" y "E" de la Figura 1B también son aplicables al tubo maestro para desarrollar una guía quirúrgica que colocará cada implante dental 10 de acuerdo con el plan quirúrgico.

Las Figuras 5A-5B ilustran un montaje de análogo de implante 100, de acuerdo con una modalidad, que puede usarse para ayudar a desarrollar la guía quirúrgica. El montaje de análogo de implante 100 incluye un cuerpo principal 102 y una sección superior expansible 104, la cual incluye una pluralidad de ranuras 106. El extremo inferior del cuerpo principal 102 incluye una característica no giratoria 108 (por ejemplo, un saliente hexagonal) que se acoplará a una superficie de acoplamiento correspondiente en el análogo de implante. El montaje de análogo de implante 100 incluye un tornillo 109 con una cabeza giratoria grande 110. Cuando la cabeza giratoria 110 se aprieta de manera que el tornillo 109 se aprieta en el análogo de implante, la rotación adicional provoca que la sección cónica 111 del tornillo 109 fuerce la sección superior expansible 104 hacia fuera.

Un pasador de orientación 112 se ubica en la sección superior expansible 104 y se alinea con una de las superficies planas en la característica 108 no giratoria. El pasador de orientación 112 se extiende por debajo del borde superior de la sección superior expansible 104 y, como se describe a continuación, se acopla con la muesca 84 dentro del tubo maestro 20 al desarrollar el modelo maestro descrito a continuación.

La Figura 6 ilustra el montaje de análogo de implante 100 unido a un análogo de implante 120, el cual también se usará para ayudar en la formación de la guía quirúrgica. El análogo de implante 120 tiene una superficie superior que replica la superficie superior del implante dental 10. Por lo tanto, el análogo de implante 120 incluye una característica no giratoria 122 que se acopla con la característica no giratoria 108 del montaje de análogo de implante 100. Al hacerlo, el marcador de orientación 112 se alinea entonces con la característica no giratoria 122 del análogo de implante 120. El análogo de implante 120 también incluye roscas internas 124 para recibir el tornillo 109 para sujetar el análogo de implante 120 al montaje de análogo de implante 100.

De acuerdo con las modalidades de la presente invención, puede desarrollarse un modelo digital anatómico 3D para un paciente al fusionar (1) los datos obtenidos al escanear la boca del paciente con un escáner CT (u otras tecnologías o dispositivos de escaneo adecuados) para obtener datos asociados con la estructura ósea, los dientes y/o los marcadores físicos precolocados (por ejemplo, en el caso de un paciente totalmente edéntulo, descrito con más detalle a continuación) con (2) los datos obtenidos al tomar una impresión de la boca y al escanear la impresión o al escanear el interior de la boca del paciente con un escáner intraoral para obtener datos asociados con la superficie gingival. A continuación, se utiliza un plan quirúrgico, creado mediante el uso de este modelo digital anatómico 3D junto con un software de planificación, para colocar de manera precisa un análogo o análogos de implante en un molde del escenario anatómico prequirúrgico del paciente en una posición que replica una posición deseada del implante dental que se insertará en la boca del paciente, creando de esta manera un molde maestro. El molde maestro se usa luego para crear una guía quirúrgica.

El resto de la descripción detallada supondrá que el paciente es edéntulo y que la guía quirúrgica descansa sobre el tejido blando (por ejemplo, la superficie gingival). Para los pacientes totalmente edéntulos, se necesita una referencia de tejido duro común para la coincidencia de forma tanto para el conjunto de datos del tejido duro como para el conjunto de datos del tejido blando, ya que esta referencia del tejido duro será la única información común tanto para el conjunto de datos del tejido duro como para el conjunto de datos del tejido blando. Por lo tanto, puede colocarse un marcador físico en la boca del paciente como punto de referencia. El marcador puede incluir un pasador de hueso, un tornillo de fijación o similares. Sin embargo, debe entenderse que las modalidades de la presente invención también pueden usarse con pacientes parcialmente edéntulos.

Con referencia a la Figura 7A, se ilustra un método de creación de un plan quirúrgico de acuerdo con un proceso. Para crear el plan quirúrgico, se obtienen datos tridimensionales ("3D") que se relacionan con el tejido duro de un paciente mediante el uso de un escaneo dental tal como un escáner CT u otras tecnologías o dispositivos de escaneo adecuados en el paso s150. Específicamente, el escáner CT digitaliza los datos con relación a la estructura ósea del paciente (por ejemplo, la mandíbula) y dientes para crear un conjunto de datos del tejido duro. El conjunto de datos del tejido duro incluye datos precisos del tejido duro.

En el paso s152, se adquiere un conjunto de datos de tejidos blandos 3D. De acuerdo con una modalidad, se toma una impresión (por ejemplo, la impresión 310 de la Figura 9) de la superficie gingival del paciente y los dientes (si los hay) mediante el uso de técnicas comunes que implican el uso de material de impresión dentro de la boca del paciente. La impresión se escanea y se digitaliza para obtener el conjunto de datos de los tejidos blandos. Alternativamente, se forma un molde de piedra de la boca del paciente, y el molde de piedra se escanea y se digitaliza. Un tipo de escáner adecuado es el escáner 3D D-250™ fabricado por 3Shape A/S (Copenhague, Dinamarca) ("3Shape Scanner"). En otra modalidad, el conjunto de datos del tejido blando se obtiene al escanear el interior de la boca del paciente mediante el uso de un escáner intraoral.

El conjunto de datos del tejido blando resultante obtenido en el paso s152 incluye datos muy precisos de la superficie exterior de la dentición de un paciente. El conjunto de datos del tejido blando es una superficie digitalizada de grosor cero y representa la superficie externa de los dientes y el tejido gingival. Aunque en el proceso de la Figura 7A, el conjunto de datos del tejido blando se obtiene después de obtener el conjunto de datos del tejido duro, también se contempla que el conjunto de datos del tejido blando puede obtenerse antes de obtener el conjunto de datos del tejido duro.

En el paso s154, se aplica un algoritmo de coincidencia de forma para fusionar el conjunto de datos del tejido duro y el conjunto de datos del tejido blando. El algoritmo de coincidencia de forma utiliza características comunes a ambos conjuntos de datos, tal como la superficie exterior de la dentición, marcadores físicos preestablecidos, dientes existentes o similares para fusionar los dos conjuntos de datos. Los datos superpuestos comunes tanto para el conjunto de datos del tejido blando como para el conjunto de datos del tejido duro (por ejemplo, los datos asociados con la dentición) se eliminan del conjunto de datos del tejido duro en el paso s156. En otra modalidad, los datos comunes se eliminan del conjunto de datos del tejido blando. La región entre el conjunto de datos fusionados resultante y la mandíbula deja un "espacio", el cual se corresponde con el grosor del tejido gingival. Este espacio se rellena entonces con tejido blando dentro del modelo en el paso s158. A continuación, se obtiene un modelo digital anatómico 3D resultante en el paso s160. Puede crearse un plan quirúrgico a partir del modelo digital en el paso s165. Puede fabricarse una guía quirúrgica mediante el uso del plan quirúrgico en el paso s166.

El plan quirúrgico puede crearse mediante el uso del modelo digital anatómico 3D y el software de planificación. El plan quirúrgico incluye información sobre la ubicación, posición, orientación y tamaño de los implantes virtuales basado en las condiciones de la boca del paciente. La Figura 7B ilustra un modelo CAD 3D 161 (en una pantalla de computadora) de un pilar virtual personalizado 162 y análogos de implante virtuales 163 que utilizan el modelo digital anatómico 3D obtenido en el paso s160. Una abertura 164 en el modelo CAD 161 se reduce mientras conduce hacia el análogo de implante virtual 163. Esta reducción gradual se elige por el operador del modelo CAD 161 después de considerar la ubicación del implante dental subyacente que se ha dictado por el modelo moldeado y la ubicación de los dientes adyacentes, si los hay. Además, la reducción se dicta por el tamaño y la forma del pilar personalizado virtual 162 que se ha diseñado por el operador. Aunque la abertura 164 se ha ilustrado que tiene una reducción de pared recta, la abertura 164 puede tener una reducción de pared curva. Además, la abertura 164 en su terminal y puede ser circular, elíptica, o tener otras formas no circulares dictadas por el pilar personalizado virtual 142 y la forma de "sillín" tridimensional del tejido gingival entre los dientes adyacentes. Esta abertura 164 puede crearse mediante un manipulador de robot o un robot alternativo 358 descrito con referencia a las Figuras 10A-D.

El plan quirúrgico resultante puede usarse para crear un molde maestro, que luego puede usarse para fabricar una guía quirúrgica (por ejemplo, la guía quirúrgica 390 de la Figura 14). El método de formación del molde maestro de acuerdo con un proceso se muestra en la Figura 8. En el paso s200, se vierte un material moldeado fluido en una impresión de la superficie gingival. La impresión usada en el paso s200 puede ser la impresión obtenida durante el proceso de adquisición del conjunto de datos del tejido blando descrito anteriormente (por ejemplo, durante el paso s152 de la Figura 7A). Se contempla que también puede usarse otra o una nueva impresión durante el paso s200. Por ejemplo, puede usarse una nueva impresión si se usó un escáner intraoral durante el paso s152 de la Figura 7A para adquirir el conjunto de datos del tejido blando.

Antes de describir los pasos restantes de la Figura 8, se prestará atención a las Figuras 9-10 La Figura 9 ilustra un ejemplo de un método para desarrollar un modelo moldeado de la mandíbula del paciente. Las Figuras 10A-D muestran representaciones esquemáticas de un sistema manipulador de robot configurado para colocar un análogo de implante en el modelo moldeado de la Figura 9, de acuerdo con una modalidad.

La Figura 9 ilustra la fabricación de un modelo moldeado mediante el uso de una impresión dental 310. En la ilustración de la Figura 9, se vierte el material moldeado fluido 330 en la impresión 310, el cual tiene un contorno que es la impresión negativa de la superficie gingival del paciente. El material moldeado 330 puede incluir piedra u otro material adecuado. El material moldeado 330 se solidifica a continuación en el paso s202. Debe observarse que el experto en la técnica reconocerá que existen muchas maneras de fabricar un molde. Por ejemplo, pueden usarse diversos materiales.

Con referencia también a las Figuras 10A-E, después de que el material moldeado 330 se ha solidificado en el paso s202, se monta un modelo moldeado resultante 350 sobre una estructura base (por ejemplo, una estructura base macho 368). La posición relativa y/o las coordenadas de los análogos de implante 120 a colocar en el modelo moldeado 350 pueden generarse mediante el uso del sistema de coordenadas dentro de un modelo CAD 3D. La posición de los análogos de implante replica la ubicación, posición y orientación deseadas de los implantes virtuales para colocarlos en la boca del paciente. Esta ubicación, posición y orientación deseadas de los implantes virtuales se determinó por el plan quirúrgico. Una estructura de trabajo común (por ejemplo, la estructura de trabajo hembra 369) asociada con el robot puede usarse para escanear el modelo moldeado 350 y colocar los análogos de implante 120 mediante el uso de un manipulador de robot 358. Se contempla que los tipos de estructuras base distintas de las que se muestran en las Figuras 10A-D también pueden usarse. Por ejemplo, en algunas modalidades, el modelo moldeado 350 puede montarse en una estructura base hembra y la estructura de base común puede ser una estructura base macho. En otras modalidades, el escáner y el manipulador de robot no comparten una estructura de base común.

La estructura base macho 368 se une luego a la estructura de trabajo 369, como se muestra en la Figura 10A, y se escanea mediante el uso del escáner 3Shape (u otro dispositivo de escaneo adecuado) en el paso s204. En una modalidad, el escáner mide las posiciones X, Y y Z de una o más características del modelo moldeado 350 con relación a los ejes en la estructura base 368, también denominados origen de la estructura base, adquiriendo de esta manera un conjunto de datos del molde digitalizados del modelo moldeado 350. Por lo tanto, cuando la estructura base 368 se encuentra en una posición conocida con respecto a la estructura de trabajo 369, puede determinarse una ubicación deseada exacta para un análogo de implante 120. En otra modalidad, se usa una referencia 3Sphere para crear un sistema de coordenadas común. En esta modalidad, un escáner escanea un patrón de calibración con tres esferas sobre este. Un robot luego prueba estas tres esferas. Con los datos de escaneo y sonda, se establece un sistema de coordenadas común entre el robot y el escáner.

Con referencia a la Figura 8, el conjunto de datos del molde digitalizado se fusiona luego con el modelo digital anatómico 3D previamente obtenido a partir del cual se creó el plan quirúrgico (véase la Figura 7A) mediante el uso de un segundo algoritmo de coincidencia de forma en el paso s206. El segundo algoritmo de coincidencia de forma puede ser el mismo o diferente del algoritmo de coincidencia de forma usado para fusionar el conjunto de datos del tejido duro y el conjunto de datos del tejido blando en el paso s154 de la Figura. 7A para obtener el modelo digital anatómico 3D. Las coordenadas del(los) implante(s) virtual(es) que se insertarán en la boca del paciente y, por lo tanto, las coordenadas de los análogos de implante 120 correspondientes relacionados con el sistema de coordenadas de la estructura base, se extraen luego en el paso s208.

Las coordenadas de los implantes virtuales se cargan en el manipulador de robot 358 en el paso s210. En la etapa s212, el manipulador de robot 358 inserta los análogos de implante 120 en el modelo moldeado 350 (véase la Figura 10D) en un sitio de instalación correspondiente con la ubicación, la posición y la orientación de los implantes virtuales. El manipulador de robot 358 puede colocar de manera precisa el análogo de implante 120 en el modelo moldeado 350 de manera que la posición del análogo de implante 120 dentro del modelo moldeado 350 sea sustancialmente idéntica a la posición del implante virtual determinada por el plan quirúrgico. Debido a que en la modalidad ilustrada, existe una necesidad de ocho implantes 10, ocho análogos de implante 120 se insertan en el modelo moldeado 350. En una modalidad, el manipulador de robot 358 usa la información de la posición relativa para colocar un análogo de implante 120 en un material de fijación, tal como un epoxy, ubicado en el modelo moldeado 350.

La Figura 10A ilustra un ejemplo de una construcción esquemática simple para el robot 358. El experto en la materia apreciaría que están disponibles numerosos tipos de robots que tienen diversas características de control, motores y brazos y herramientas de manipulación. Por ejemplo, el robot 358 puede ser un robot de seis ejes Epson PS5 con un controlador Epson RC520 (Seiko Epson Corporation, Japón). El robot 358 en las Figuras 10A-D ejecuta diversas funciones relacionadas con la modificación del modelo moldeado 350 y la colocación del análogo de implante real 120. En particular, como se describirá con más detalle a continuación, el robot 358 modifica el modelo moldeado 350 después de que se ha solidificado para crear una abertura real que es sustancialmente similar a la abertura virtual 164. La posición en la cual colocar los análogos del implante se determina por el plan quirúrgico. Las aberturas virtuales asociadas son necesarias para acomodar los análogos. Además, el robot 358 coloca un análogo de implante 120 sustancialmente en la misma posición y con sustancialmente la misma orientación que los análogos de implante virtuales 163 de la Figura 7B.

El robot 358 incluye una estructura base 359 que se soporta sobre una mesa u otro banco de trabajo. La estructura base 359 tiene típicamente uno o más brazos móviles 360a, b que tienen una estructura terminal 361 para soportar uno o más portaherramientas 362, 363 que agarran y/o manipulan herramientas u otros componentes. Como se muestra, la estructura base 359 incluye un brazo 360 que tiene múltiples secciones giratorias 360a y 360b, y el portaherramientas 362 incluye una broca de perforación 364. La estructura terminal 361, el brazo 360, la estructura base 359, y/o los portaherramientas 362, 363 incluyen engranajes y otros componentes comunes para transmitir energía de rotación a una herramienta (por ejemplo, la broca de perforación 364) retenida por uno de los portaherramientas 362, 363.

El brazo 360 (y, por lo tanto, la estructura terminal 361) puede moverse en todas las direcciones con relación al modelo moldeado 350 y una plataforma 365. La plataforma 365 incluye una secuencia específica de herramientas u otros componentes que se colocan dentro de la plataforma 365 antes de la operación del robot 358. Como se muestra, la plataforma 365 incluye una broca de perforación adicional 366 en una ubicación y un soporte de análogo de implante 367 en una segunda ubicación. Típicamente, después de los datos del modelo CAD 3D 161 de la Figura 7B se transfieren al sistema de control para el robot 358, se le indicará al operador del robot 358 que proporcione una cierta secuencia de herramientas u otros componentes en la plataforma 365 para acomodar el desarrollo de la abertura particular y la colocación del análogo de implante particular 120 para el caso.

En la Figura 10A, el modelo moldeado 350 se acopla directamente a una estructura base 368 que es la misma estructura base que se usó para escanear el modelo moldeado 350 en el paso s204 de la Figura 8. Como tal, la estructura base 368 se usa tanto en el escaneo del modelo moldeado 350 como en la modificación posterior del modelo moldeado 350 por el robot 358. La estructura base 368 incluye características de alineación y características magnéticas para el acoplamiento de precisión con estructuras correspondientes en la estructura de trabajo 369 asociada con el robot 358. La estructura de trabajo 369 está en una ubicación conocida con relación a la estructura base 359 de manera que cualquier herramienta u otro componente dentro de los portaherramientas 362, 363 puede posicionarse de manera precisa con relación a la estructura de trabajo 369.

5 Para ayudar a disponer la ubicación de precisión de la herramienta 364 con relación al modelo moldeado 350, el modelo moldeado 350 (y su estructura base 368) tiene un sistema de coordenadas análogo, el cual se etiqueta como $X_A Y_A, Z_A$, para ubicar el pilar personalizado, que finalmente se ajustará en el análogo de implante para ubicarlo dentro de la abertura en el modelo moldeado 350. Si se desea, puede diseñarse un pilar personalizado con respecto al sistema de coordenadas análogo. Además, el robot 358 (y el sistema de escaneo usado anteriormente) tiene su propio sistema de coordenadas base, que se etiqueta como $X_B Y_B, Z_B$.

10 Cuando los datos del modelo CAD 3D 161 se transfieren al sistema de control para el robot 358, los datos incluyen al menos dos tipos de conjuntos de datos. Un primer conjunto de datos indica el tipo de análogo de implante que se usará en el modelo moldeado 350. Un segundo conjunto de datos indica la ubicación relativa del sistema de coordenadas análogo al sistema de coordenadas base, de manera que la creación del orificio en el modelo moldeado 350 y la colocación del análogo de implante es sustancialmente idéntica a la que se ha modelado virtualmente. Opcionalmente, un tercer conjunto de datos puede definir el margen gingival del pilar personalizado 162 de manera que puede crearse una abertura del tamaño adecuado por encima del análogo de implante, permitiendo que el pilar personalizado se ajuste adecuadamente dentro del modelo moldeado. Este tercer conjunto de datos opcional puede ser útil debido a que el pilar personalizado real es de mayor diámetro que el análogo de implante, de manera que la abertura debe contornearse de forma cónica (por ejemplo, cono de pared recta, cono de pared curva, etcétera) para acomodar el pilar personalizado real.

20 El robot 358 de la Figura 10A también puede incluir un mecanismo de calibración 370 de manera que la herramienta (por ejemplo, el extremo de la broca de perforación 364) se coloca en una ubicación conocida y se "pone a cero" antes de desarrollar la abertura y/o colocación del análogo de implante. Como se muestra, el sistema de calibración 370 incluye dos láseres que se cruzan (por ejemplo, láseres HeNe) 371, 372. Antes de cualquier trabajo en el modelo moldeado 350, la herramienta 364 se coloca en la intersección de los dos láseres 371, 372 para asegurar la precisión de la herramienta 364 dentro del sistema de coordenadas base ($X_B Y_B, Z_B$). El operador puede ajustar ligeramente la herramienta 364 para colocarla en la intersección de los dos láseres 371, 372, suponiendo que el sistema de calibración 370 indique que se necesita un ajuste o si el operador puede visualizar que se necesita un ajuste.

30 En la Figura 10B, la broca de perforación 364 se ha movido por el robot 358 para comenzar el desarrollo de la abertura en el modelo moldeado 350. La broca de perforación 364 crea la cavidad contorneada de la abertura (como lo dicta la abertura cónica 164 en la Figura 7B). La broca de perforación 364 tiene un diámetro más pequeño que cualquier porción de la abertura, de manera que se usa como una herramienta de fresado para crear la cavidad contorneada. En una modalidad, la broca de perforación 364 crea luego la porción inferior de la abertura que recibirá el análogo de implante 120. Al hacerlo, la broca de perforación 364 del robot 358 crea una pared inferior a la abertura que se ubica en una posición dentro del modelo moldeado 350 que provocará que el análogo de implante particular para ese caso tenga su superficie de acoplamiento superior (véase la Figura 10E) en una ubicación que es sustancialmente idéntica a la ubicación del implante virtual. En otra modalidad, el orificio para el análogo (la "cavidad análoga") se sobredimensiona con relación al análogo en todas las dimensiones. El robot 358 retiene entonces el análogo en el espacio dentro de los confines de la cavidad análoga, mientras que el adhesivo une el análogo al modelo moldeado 350.

40 La Figura 10C ilustra el resultado final de una abertura 374 que se creó en el modelo moldeado 350 por el robot 358. Aunque el desarrollo de la abertura 374 se ha descrito mediante el uso de una única broca de perforación 364, debe entenderse que el robot 358 puede utilizar múltiples herramientas (por ejemplo, una segunda broca de perforación 366 en la plataforma 365, o una fresadora más tradicional) para crear la abertura 374. Además, debido a que se requieren múltiples implantes virtuales en la modalidad ilustrada, se requiere que el robot 358 cree múltiples aberturas 374, cada una de las cuales usa múltiples herramientas de la plataforma 365. El uso de múltiples herramientas puede requerir una calibración por el sistema de calibración 370 (Figura 10A) antes del uso de cada herramienta.

50 La Figura La Figura 10D ilustra el movimiento del robot 358 para agarrar un soporte de análogo de implante 375 desde la plataforma 365 mediante el uso del portaherramientas 363 para la colocación del análogo de implante 120. Una vez que se ha completado la abertura 374, el operador eliminará todas las partículas y residuos restantes del proceso de perforación del modelo moldeado 350. Se coloca un adhesivo dentro de la abertura 374 y también se coloca (por ejemplo, cepillado manualmente) en el extremo terminal del análogo de implante 120. Alternativamente, se coloca un agente activador adhesivo sobre el análogo de implante 120 para acelerar el proceso de curado. Sin embargo, debe entenderse que la estación de trabajo para el robot 358 puede tener cubos de adhesivo (y agentes activadores) de manera que el robot 358 "sumerge" el extremo del implante 120 en uno o más de estos cubos sin intervención del operador manual.

60 Después de calibrar la ubicación del análogo de implante 120 con el sistema de calibración 370 (Figura 10A), el robot 358 mueve entonces el soporte de análogo de implante 375 de tal manera que coloca el análogo de implante 120 en el fondo de la abertura 374. Al hacerlo, la orientación de la característica antigiratoria del análogo de implante 120 es crítica de manera que coincida con la orientación de la característica antigiratoria del implante en la boca del paciente (es decir, los seis grados de libertad se reducen de la misma manera que el implante que se encuentra en la boca del paciente). Cuando el robot 358 ha terminado de colocar el análogo de implante 120 dentro de la abertura 374, se usa una fuente de energía (por ejemplo, una fuente de luz UV) para curar rápidamente el adhesivo de manera que el análogo de implante 120 se reduce físicamente y se une al modelo moldeado 350 dentro de la abertura 374. Preferentemente, el adhesivo es un adhesivo curable por UV.

Una vez que el adhesivo se ha curado, el robot 358 ordena el mecanismo de agarre del portaherramientas 363 para liberar el soporte de análogo de implante 375. El soporte de análogo de implante 375 se sujeta al análogo de implante 120 a través de un tornillo largo. Por lo tanto, el operador retira el tornillo largo de manera que el análogo de implante 120 permanece por sí mismo dentro de la abertura 374 (unida mediante el adhesivo), como se muestra en la Figura 10E. En particular, el análogo de implante 120 y su orificio roscado 377 y su característica antigiratoria 378, se ubican en una posición y orientación específicas dentro de la abertura 374. Debe entenderse que el robot 358 también puede incluir las herramientas necesarias (por ejemplo, una punta de destornillador) en la plataforma 368 para liberar el soporte de análogo de implante 375 del análogo de implante 120 de manera que no se requiera la intervención del operador.

La Figura 11 ilustra un molde maestro resultante 400 una vez que se han insertado múltiples análogos de implante a través del robot 358 de las Figuras 10A-D. El molde maestro 400 incluye los ocho análogos de implante 120 que replicarán las posiciones de los ocho implantes dentales 10 que se insertarán en el hueso del paciente mediante el uso de la guía quirúrgica.

Con referencia a las Figuras 1-6 según sea necesario, la Figura 12 muestra un método para formar una guía quirúrgica a partir del molde maestro 400 de acuerdo con un proceso. En el paso s450, los montajes de análogo de implante 100 (véanse las Figuras 13A-13B) se unen al molde maestro 400, y los tubos maestros 20 se unen a los montajes de análogos de implante 100. Los tubos maestros 20 se bloquean sobre los montajes análogos de implante 100 debido a la expansión de la parte superior del montaje de análogo de implante 100 a medida que el tornillo del montaje de análogo de implante se enrosca en el análogo de implante 120. El tornillo del montaje de análogo de implante actúa esencialmente como una cuña dentro del cuerpo del montaje de análogo de implante 100, y la parte superior del cuerpo del montaje de análogo de implante 100 puede expandirse debido a que se ranura. Las Figuras 13A-13B ilustran los montajes de análogos de implante 100 y los análogos de implante 120 ubicados dentro del molde maestro 400 de la Figura 11. El borde superior de la sección superior expansible 104 descansa sobre el tubo maestro 20 con el pasador de orientación 112 que encaja dentro de una de las dos muescas 84 del tubo maestro 20. Como tal, la ubicación de la característica de no giratoria 122 del análogo de implante 120 se conoce y se fija con relación al molde maestro 400. Una vez asentado de manera adecuada, la cabeza giratoria grande 110 se hace girar un poco más (típicamente menos de media revolución) para provocar que la sección superior expansible 104 se expanda hacia afuera en el tubo maestro 20 y se bloquee en una posición axial.

A continuación, se vierte un material polimérico 390a tal como acrílico (u otro material adecuado) sobre el molde maestro 400 y alrededor de los tubos maestros 20 de las Figuras 13A-13B para formar una guía quirúrgica 390 (véase la Figura 14) en el paso s452. Preferentemente, los tubos maestros 20 se colocan en la guía quirúrgica 390 de manera que sus superficies superiores se ubican en superficies planas 392 (véase también la Figura 14) de la guía quirúrgica 390. Una vez que todo el material polimérico 390a se ha endurecido y curado, puede aflojarse la cabeza giratoria grande 110 del montaje de análogo de implante 100, el cual desbloquea el montaje de análogo de implante 100 del tubo maestro 20 y finalmente libera el montaje de análogo de implante 100 desde el análogo de implante 120 de manera que la guía quirúrgica resultante 390 puede retirarse del molde maestro 400 y el montaje de análogo de implante 100 puede retirarse de la guía quirúrgica 390 en el paso s454.

La guía quirúrgica resultante 390 se ajusta cómodamente sobre la superficie gingival del paciente al tener una impresión negativa que incorpora los detalles de la superficie gingival en la boca del paciente. Debido a que en la modalidad ilustrada, existe una necesidad de ocho implantes 10, la guía quirúrgica 390 incluye ocho aberturas, cada una de las cuales se define por un tubo maestro 20 que se integra en el material de la guía quirúrgica 390 con la ayuda de la superficie externa rugosa y/o adhesivo. Como se describió anteriormente, el resultado final es que los ocho implantes dentales 10 se instalan en el maxilar del paciente en las profundidades y ángulos definidos por el plan quirúrgico, y los ocho implantes dentales 10 pueden unirse a una estructura de barra que es parte de la prótesis dental tipo dentadura desarrollada para ese paciente en particular. Los pilares dentales y las prótesis individuales pueden unirse a los implantes dentales 10.

La porción inferior de la guía quirúrgica 390 (no visible en la Figura 14) tiene un contorno que sigue al molde principal 400 y, por lo tanto, la superficie gingival escaneada en la boca del paciente. En otras palabras, la porción inferior de la guía quirúrgica 390 es una impresión negativa de la superficie gingival de la boca del paciente.

La guía quirúrgica 390 de la Figura 14 también incluye una pluralidad de aberturas 394 a través de las cuales pueden colocarse tornillos o pasadores de fijación temporal. Los tornillos o pasadores de fijación temporal se acoplan con el hueso y mantienen la guía quirúrgica 390 en la ubicación adecuada en la superficie gingival, de manera que el plan quirúrgico puede ejecutarse mediante el uso de la guía quirúrgica 390. Como se mencionó anteriormente, la guía quirúrgica 390 también puede ser una impresión negativa de la superficie de los dientes adyacentes y del tejido óseo en algunas situaciones y descansar contra los dientes adyacentes y el tejido óseo.

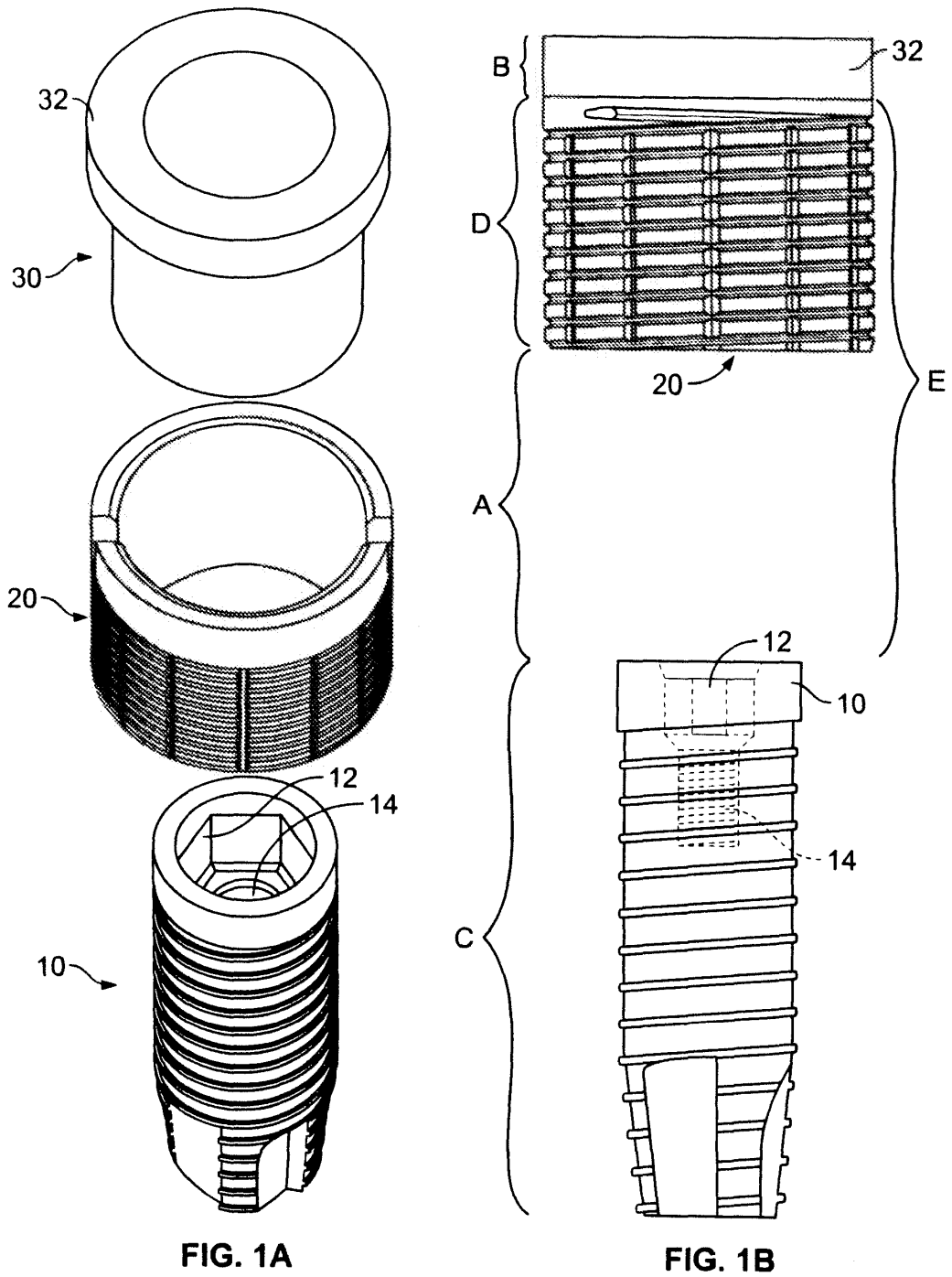
Como se indicó anteriormente, los montajes de implante 40 de la Figura 2 están disponibles en varias longitudes para pueda identificarse una combinación adecuada para cada caso. La dimensión "E" de la Figura 1B simplemente necesita ser mayor o igual que la altura del tubo maestro 20 más la distancia desde la superficie de asentamiento del implante (o análogo) hasta el punto más alto en el margen gingival circundante.

- La Figura 15 ilustra la guía quirúrgica 390 posicionada dentro de la boca de un paciente. Generalmente, un médico recibe un conjunto de instrucciones, de acuerdo con el plan quirúrgico, para colocar cada implante dental 10 con una secuencia específica de herramientas de tubo guía y brocas de perforación (junto con otros componentes y herramientas). Cada implante se une a un montaje de implante de tamaño específico 40 de acuerdo con el plan. En particular, el implante 10 se atornilla en el hueso mediante el uso de una herramienta que se aplica al elemento de accionamiento 48 del montaje de implante 40. Debido a que la característica no giratoria 12 subyacente del implante 10 (Figura 1) se alinea con la muesca 47, la característica no giratoria 12 se orienta en la ubicación exacta definida por el plan quirúrgico al alinear la muesca 47 del montaje del implante 40 con la muesca 84 en el tubo maestro 20.
- A continuación, los implantes 10 pueden ajustarse con una prótesis temporal creada por el clínico mediante el uso de pilares comunes. O bien, los implantes 10 pueden recibir una tapa de cicatrización o un pilar de cicatrización para permitir un período de oseointegración antes de que se instale una prótesis temporal o final. Como se discutió anteriormente, debido a que el montaje de implante 40 tiene una longitud conocida, también se conoce la profundidad exacta del implante 10 dentro de la osteotomía, tal como se define en el plan quirúrgico para ese paciente.
- Una vez que todos los implantes 10 se instalan o después de que se instala cada implante, los montajes de implante 40 pueden liberarse de los implantes dentales 10 al desenroscar cada uno de los tornillos 49 (Figuras 2-3). Adicionalmente, la guía quirúrgica 390 puede retirarse de la boca del paciente mediante la extracción de los tornillos o pasadores de fijación temporales de los orificios 394 en la guía quirúrgica 390.
- Debido a que cada uno de los implantes 10 está en ubicaciones conocidas y tiene orientaciones conocidas definidas por la guía quirúrgica 390 de acuerdo con el plan quirúrgico, el paciente puede ajustarse inmediatamente una prótesis que se hizo previamente de acuerdo con el plan quirúrgico. Como un ejemplo, una estructura de barra puede colocarse sobre los implantes 10 en la boca del paciente. Ocho regiones de unión de la barra se ajustarían con precisión en los implantes dentales 10 y se acoplarían a los implantes dentales 10 mediante tornillos dentales típicos. Una dentadura temporal o definitiva se colocaría en la estructura de la barra de manera que el paciente tendría un conjunto de dientes protésicos que se pueden trabajar y que se definen por el plan quirúrgico.
- Las modalidades y procesos de la presente invención también son útiles para desarrollar e instalar uno o más dispositivos protésicos de un solo diente o uno o más dispositivos protésicos de múltiples dientes en un paciente. En otras palabras, la guía quirúrgica 390 puede ser más pequeña de manera que solo cubre una porción limitada del arco dental.
- En resumen, el uso de un modelo anatómico 3D incorpora datos precisos del tejido duro y datos del tejido blando para crear un plan quirúrgico y luego formar un molde maestro 400 (del plan quirúrgico y un escaneo del modelo anatómico prequirúrgico) con tubos maestros 20 que permiten la orientación conocida de los implantes virtuales 10 y los análogos de implante 120. Una guía quirúrgica 390 puede desarrollarse con precisión para replicar las condiciones deseadas en la boca del paciente de acuerdo con el modelo digital anatómico 3D. La guía quirúrgica 390 puede ajustarse luego en la boca de un paciente y los implantes 10 pueden instalarse en la boca del paciente sustancialmente en la misma ubicación, posición y orientación que los implantes virtuales del plan quirúrgico. El dispositivo protésico puede entonces ajustarse a los implantes 10 que se han instalado en la boca del paciente.

Reivindicaciones

1. Un método de creación de un plan quirúrgico para determinar una ubicación deseada para colocar al menos un implante dental en la boca de un paciente, el método comprende las acciones de:
 5 obtener un primer conjunto de datos (S150) asociado con el tejido óseo y los dientes, el primer conjunto de datos se deriva de al menos un escaneo de la boca del paciente;
 obtener un segundo conjunto de datos (S152) asociado con tejido gingival y una superficie gingival, el segundo conjunto de datos que se deriva de al menos un escaneo de la boca del paciente;
 10 combinar el primer conjunto de datos y el segundo conjunto de datos para formar un conjunto de datos combinado (S154);
 eliminar los datos comunes al primer conjunto de datos y al segundo conjunto de datos para formar un conjunto de datos modificado (S156);
 obtener un modelo digital anatómico 3D (S160) de la boca del paciente que se deriva del conjunto de datos modificado, el modelo digital anatómico 3D que incluye una simulación del tejido óseo, los dientes y la superficie
 15 gingival (S160), el modelo digital anatómico 3D que incluye además una simulación del tejido gingival (S158) que se muestra entre el tejido óseo y la superficie gingival; y
 crear un plan quirúrgico dentro del modelo digital anatómico 3D, el plan quirúrgico que comprende un implante dental virtual (163) dentro del tejido óseo simulado y un pilar personalizado virtual (162) unido al implante dental virtual y que se extiende dentro del tejido gingival simulado.
2. El método de la reivindicación 1, en donde el primer conjunto de datos (S150) se deriva de al menos un escaneo del interior de la boca del paciente.
3. El método de la reivindicación 1, en donde el primer escaneo es un escaneo de tomografía computarizada y el
 25 segundo escaneo es un escaneo intraoral.
4. El método de la reivindicación 1, en donde el primer escaneo es un escaneo de tomografía computarizada y el segundo escaneo es uno de un escaneo de una impresión dental de la boca del paciente o un escaneo de un modelo moldeado de la boca del paciente.
5. El método de la reivindicación 1, en donde la obtención del modelo digital anatómico 3D (S160) incluye rellenar una región entre la superficie gingival y el tejido óseo para mostrar un grosor determinado del tejido gingival.
6. El método de la reivindicación 1, en donde el plan quirúrgico comprende además una abertura virtual (164) a través del modelo, la abertura virtual que conduce al implante dental virtual (163).
7. El método de la reivindicación 6, en donde el pilar personalizado virtual (162) está en la abertura (164) a través del modelo.
8. El método de la reivindicación 7, comprende además crear un pilar personalizado (162) correspondiente al pilar virtual (162), el pilar personalizado que se acopla con al menos un implante dental (10) después de instalarse en la boca del paciente.
9. El método de la reivindicación 7, en donde la abertura (164) tiene un tamaño y una forma dictados por un tamaño y una forma del pilar personalizado virtual (162).
10. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa de crear un plan quirúrgico incluye posiciones virtuales de implante, el método que comprende además: escanear un modelo moldeado de la boca del paciente para obtener un tercer conjunto de datos;
 50 combinar el tercer conjunto de datos con el modelo digital anatómico 3D;
 crear una guía quirúrgica (390) a partir del modelo digital anatómico 3D, la guía quirúrgica (390) para guiar la instalación del implante dental en la boca del paciente en una ubicación coherente con el implante dental virtual;
 colocar al menos un análogo de implante en el material moldeado en una ubicación que replica la ubicación de al menos un implante virtual de acuerdo con el plan quirúrgico; unir al menos un montaje de análogo de implante y al menos un tubo maestro (20) en el modelo moldeado de acuerdo con el plan quirúrgico para formar un molde maestro; verter un material fluido sobre el molde maestro y alrededor del al menos un tubo maestro (20);
 55 permitir endurecer el material fluido, el material endurecido que forma la guía quirúrgica (390); y retirar al menos un montaje de análogo de implante y la guía quirúrgica (390) del molde maestro.
11. El método de la reivindicación 10, en donde el material fluido es un material polimérico y el tubo maestro (20) se hace de un metal, el tubo maestro que se incrusta en el material polimérico.
12. El método de la reivindicación 11, en donde el montaje de análogo de implante (100) de la guía quirúrgica incluye una característica no giratoria para acoplarse con una característica no giratoria (122) del análogo de implante dental (120).
- 65

13. El método de la reivindicación 11, en donde el tubo de metal incluye un cuerpo principal (82) con muescas (84) ubicadas en la superficie superior (86).



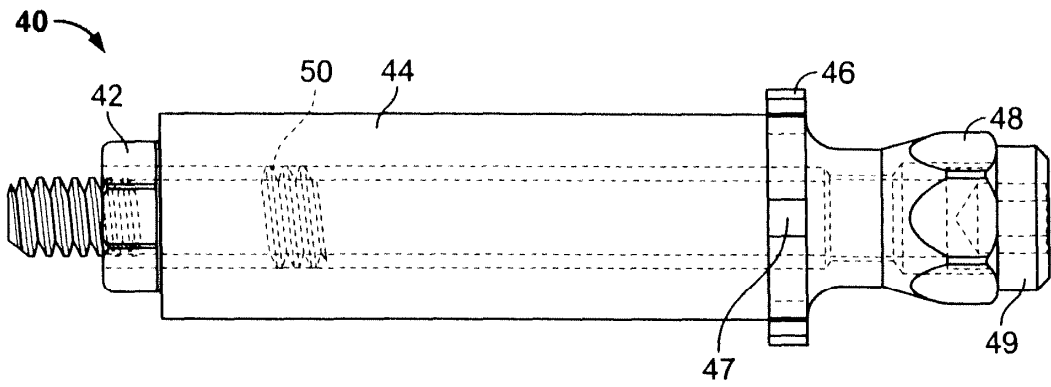


FIG. 2A

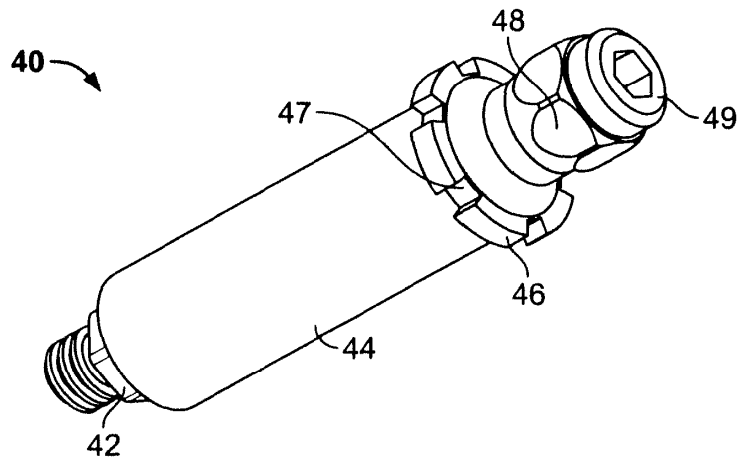


FIG. 2B

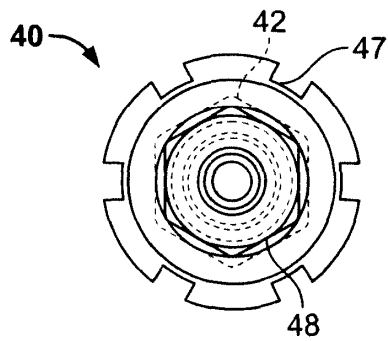


FIG. 2C

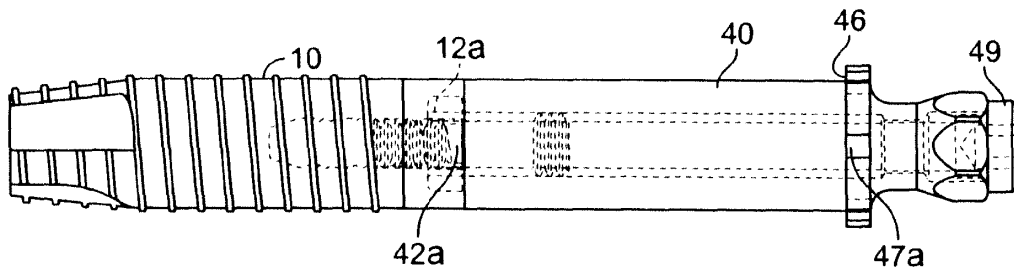


FIG. 3

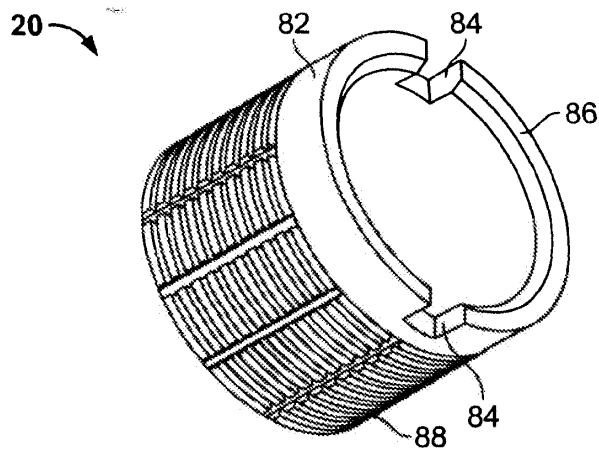


FIG. 4A

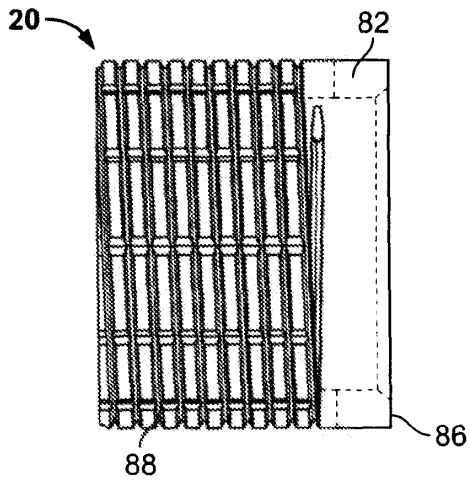


FIG. 4B

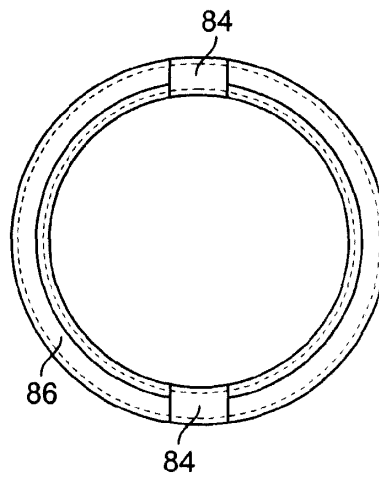


FIG. 4C

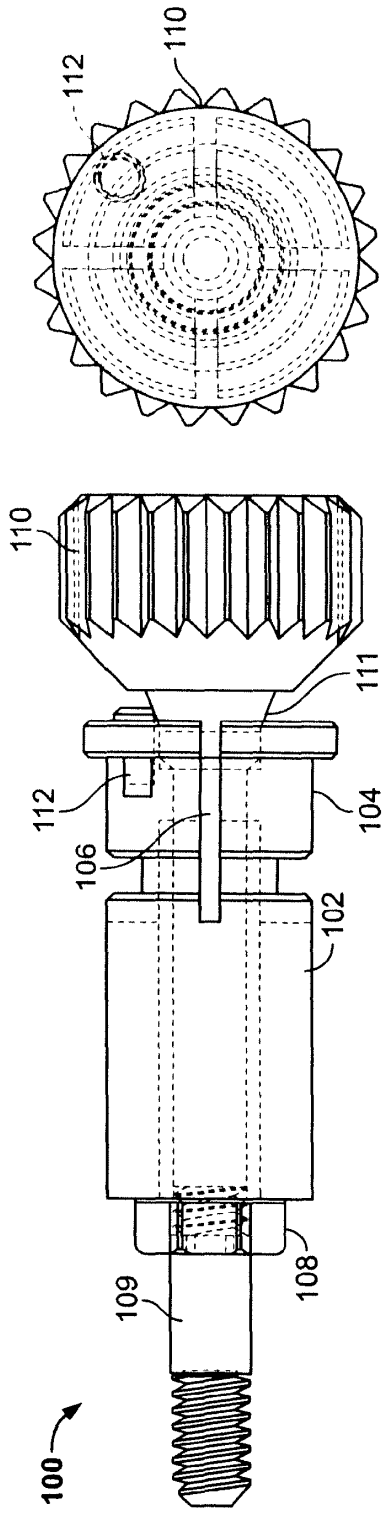


FIG. 5B

FIG. 5A

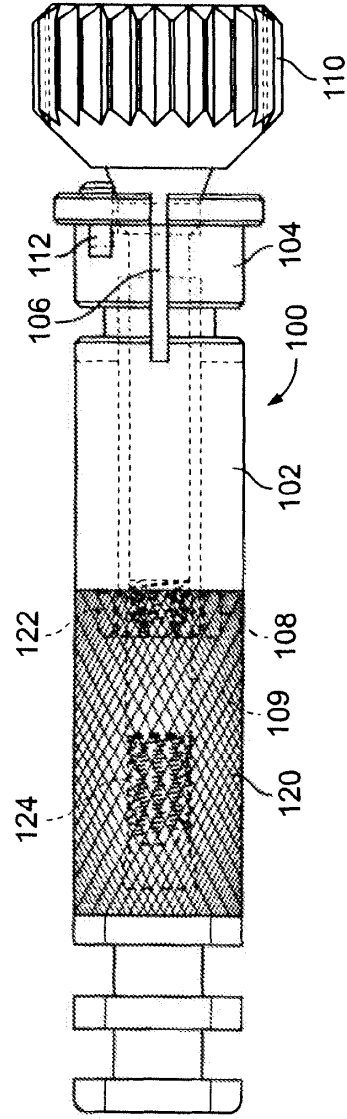


FIG. 6

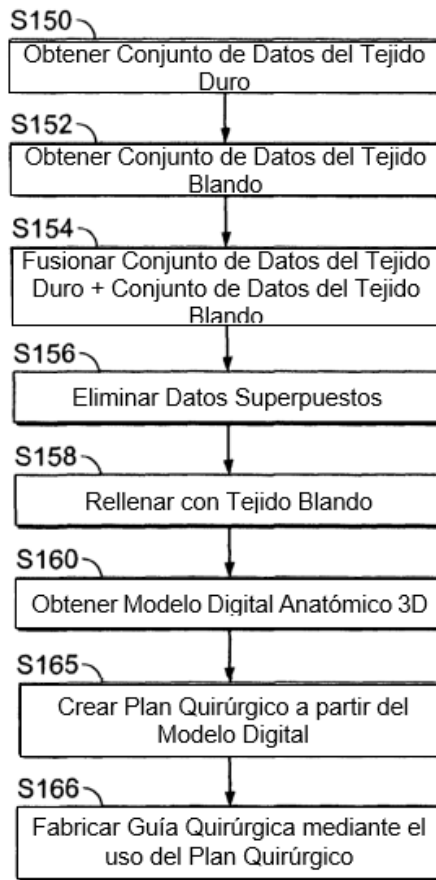


FIG. 7A

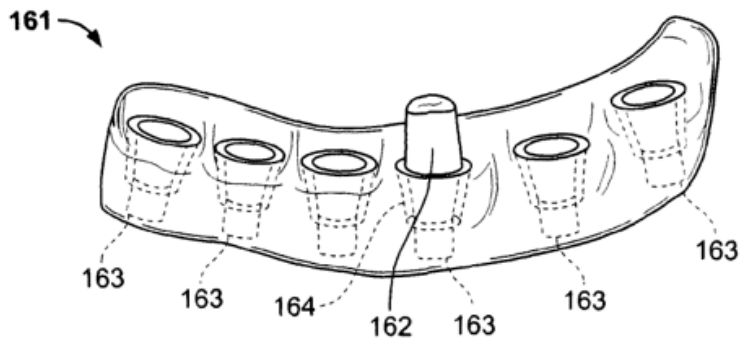


FIG. 7B



FIG. 8

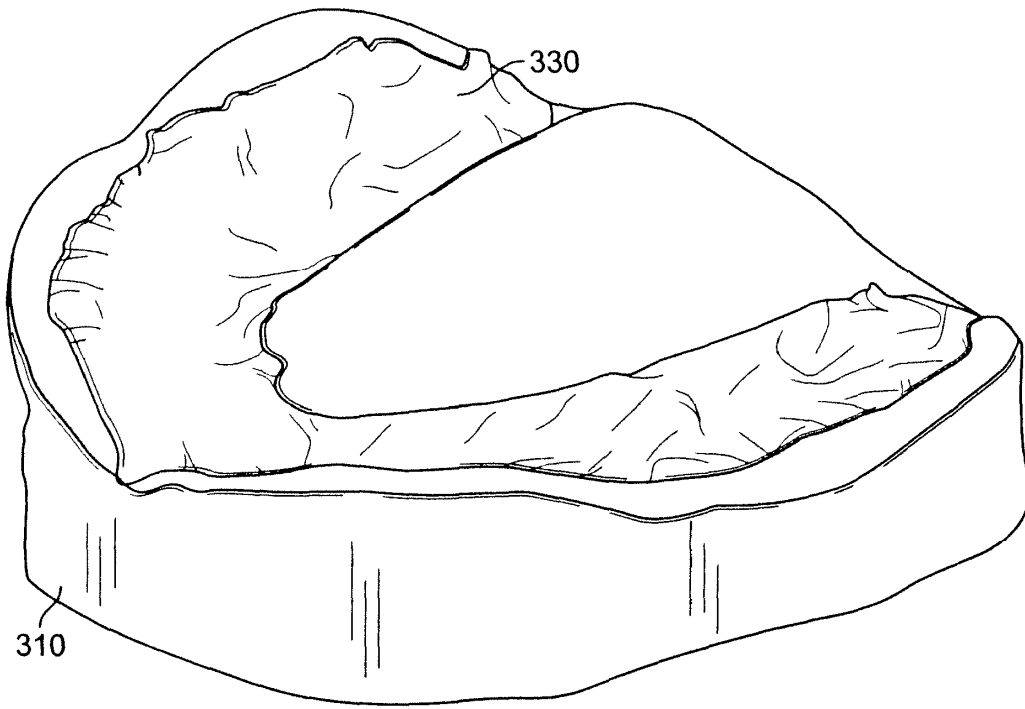


FIG. 9

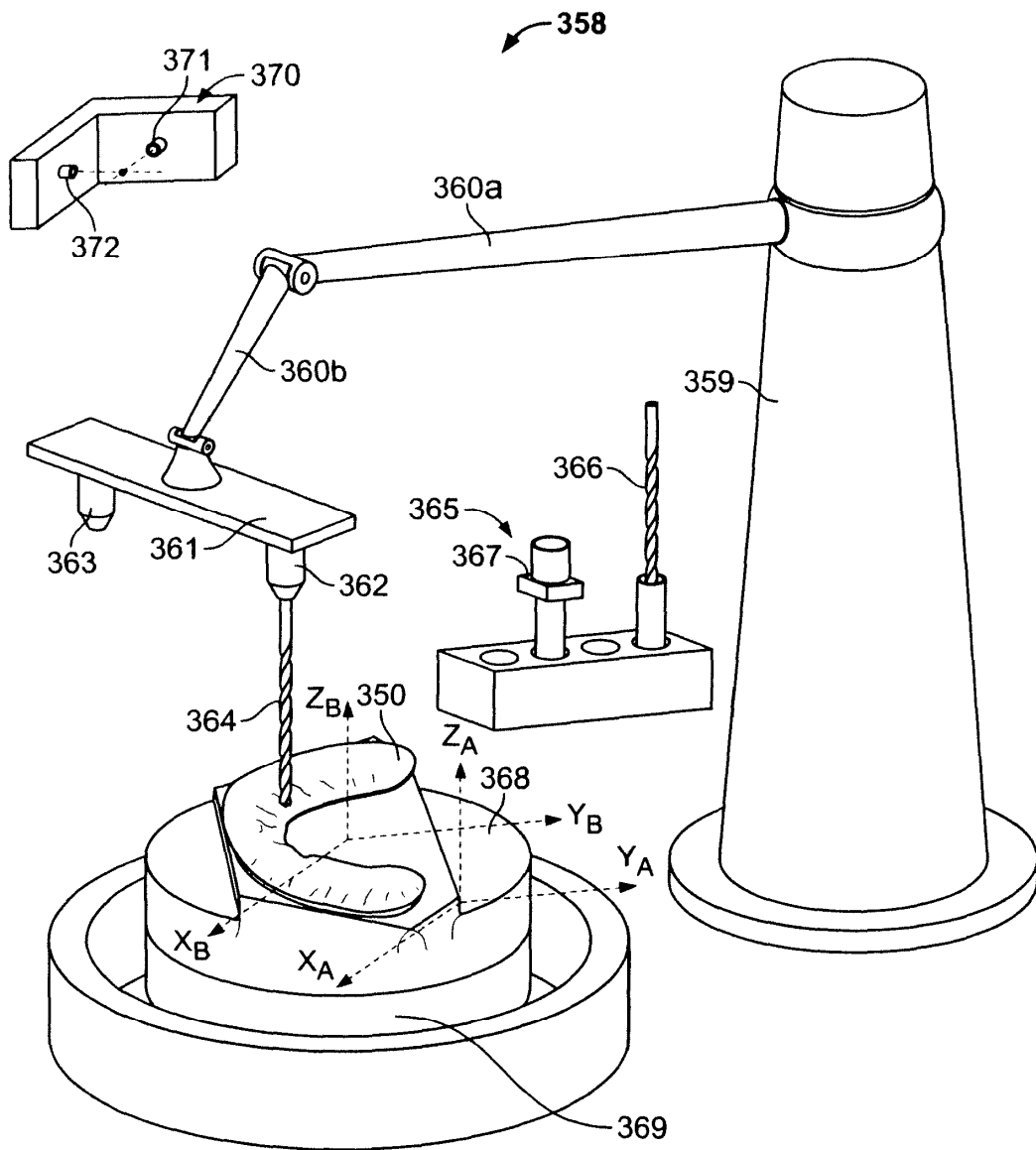


FIG. 10A

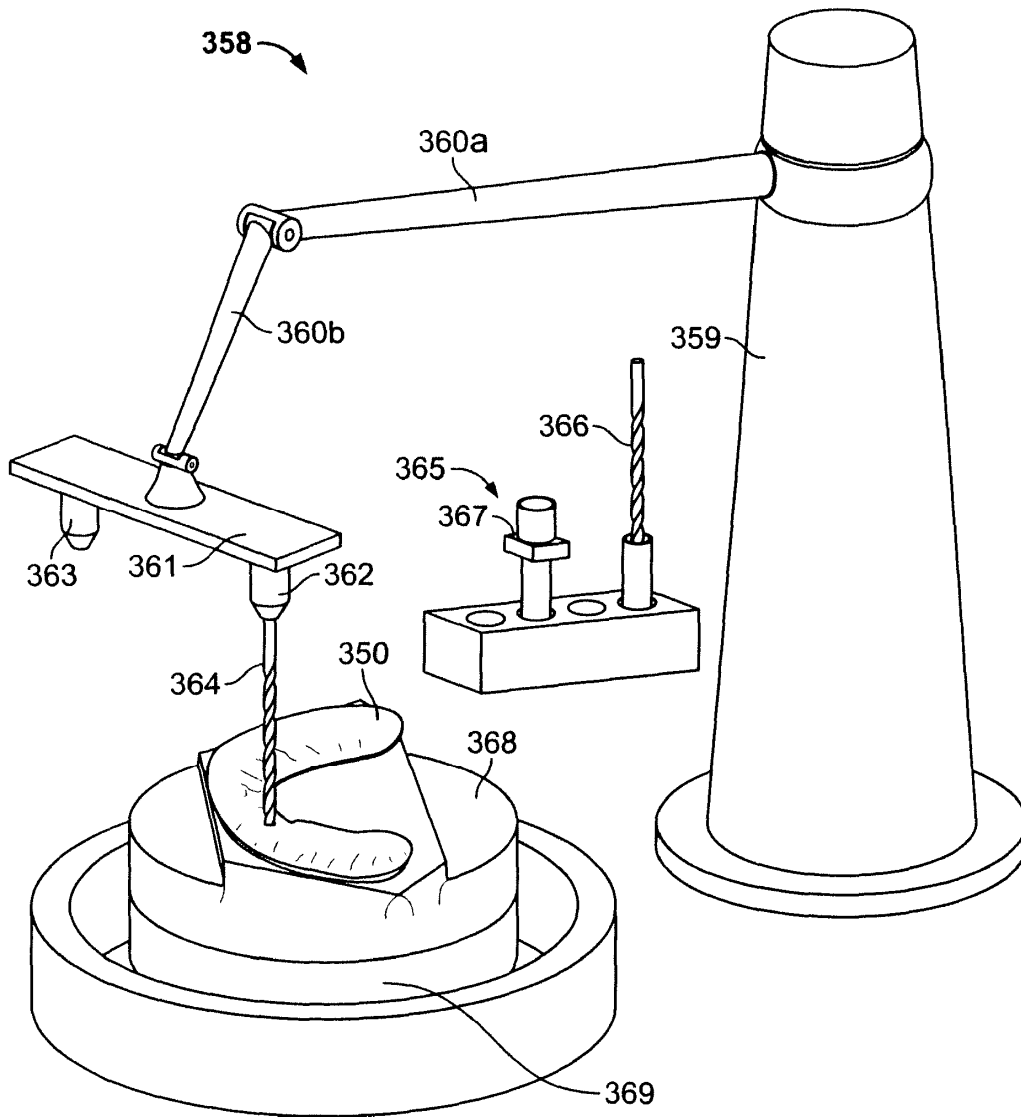


FIG. 10B

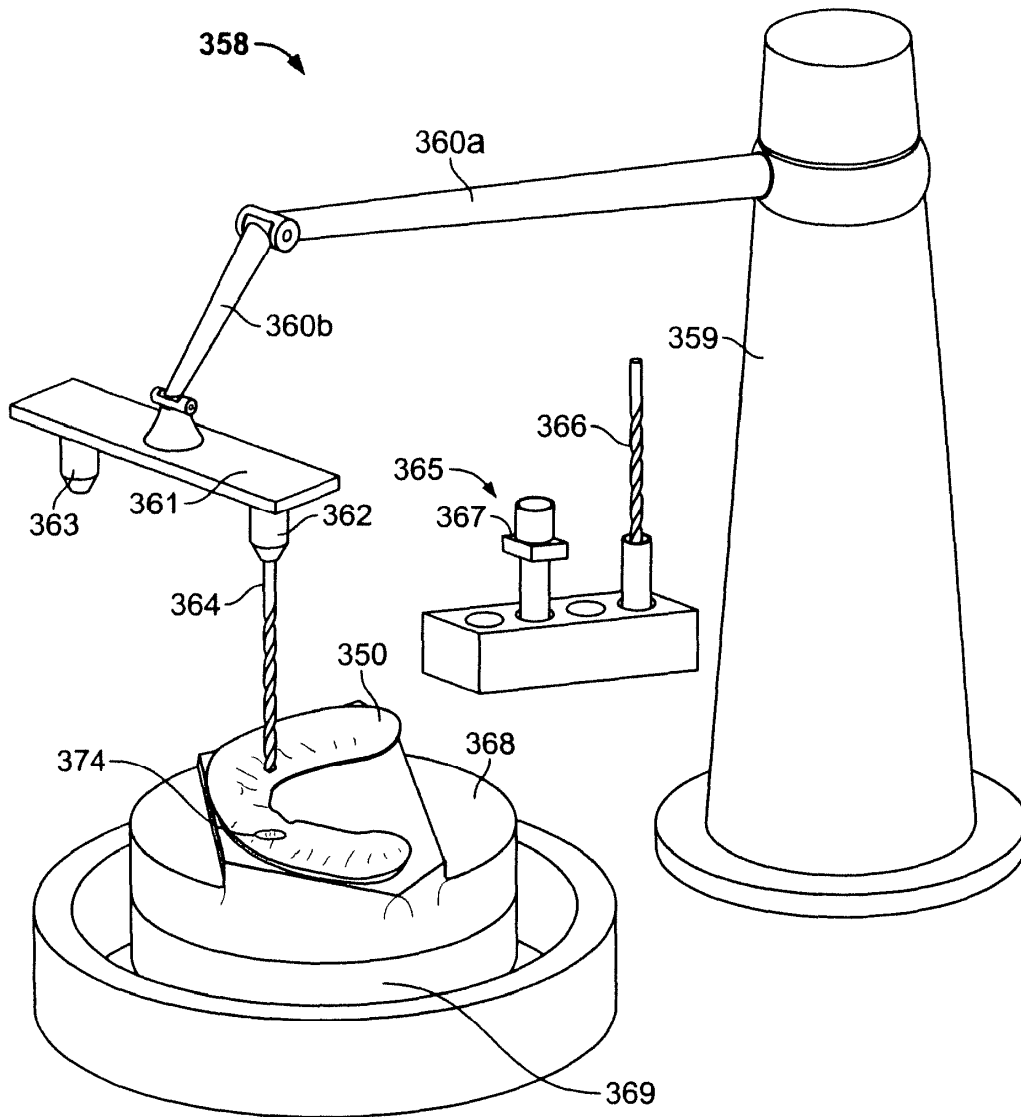


FIG. 10C

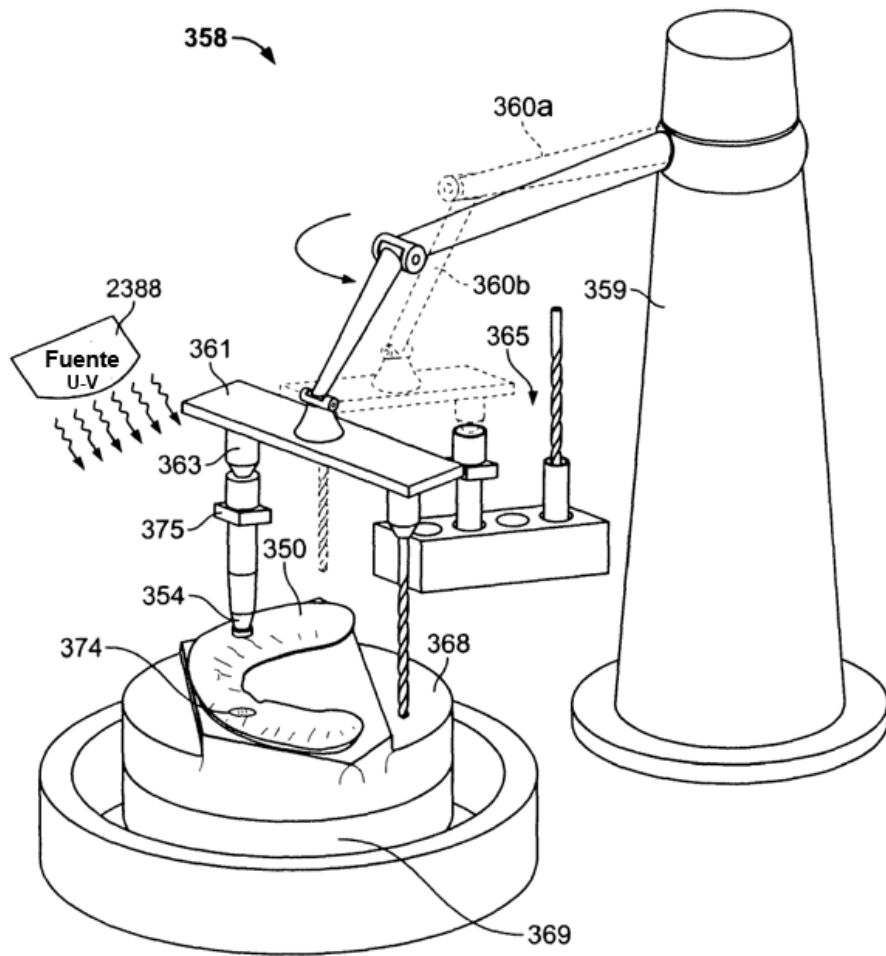


FIG. 10D

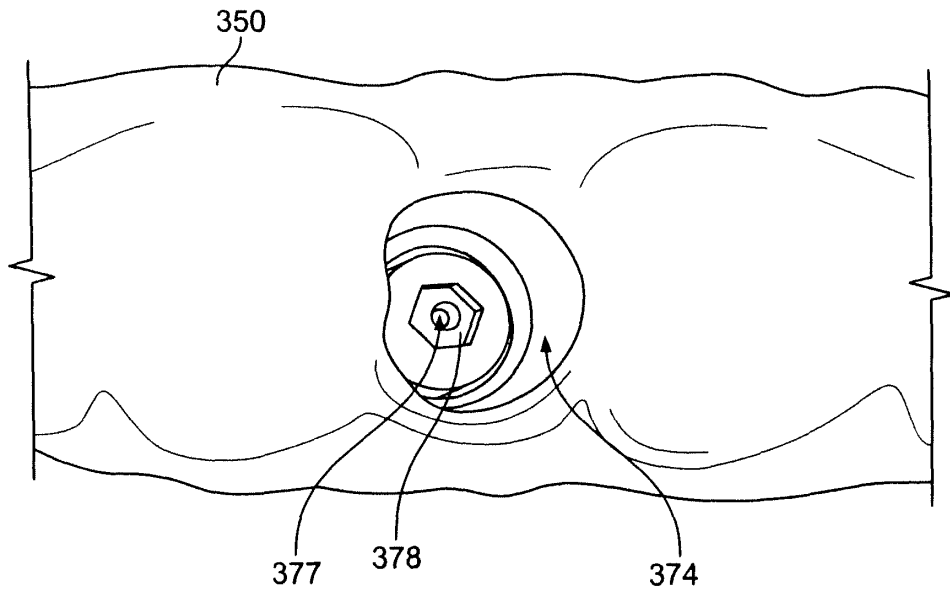


FIG. 10E

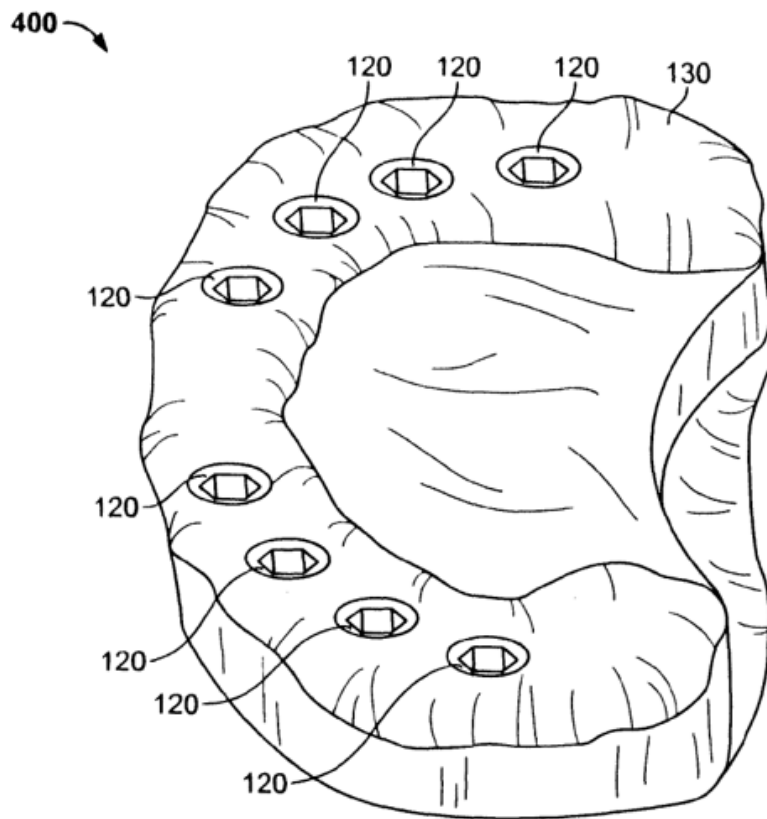


FIG. 11

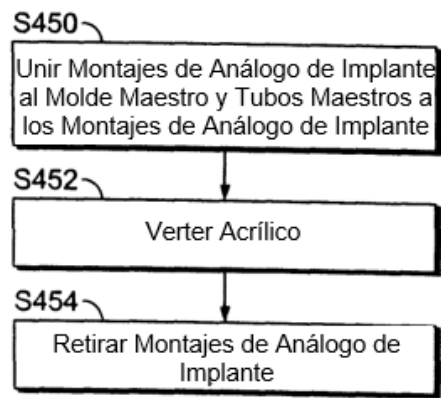


FIG. 12

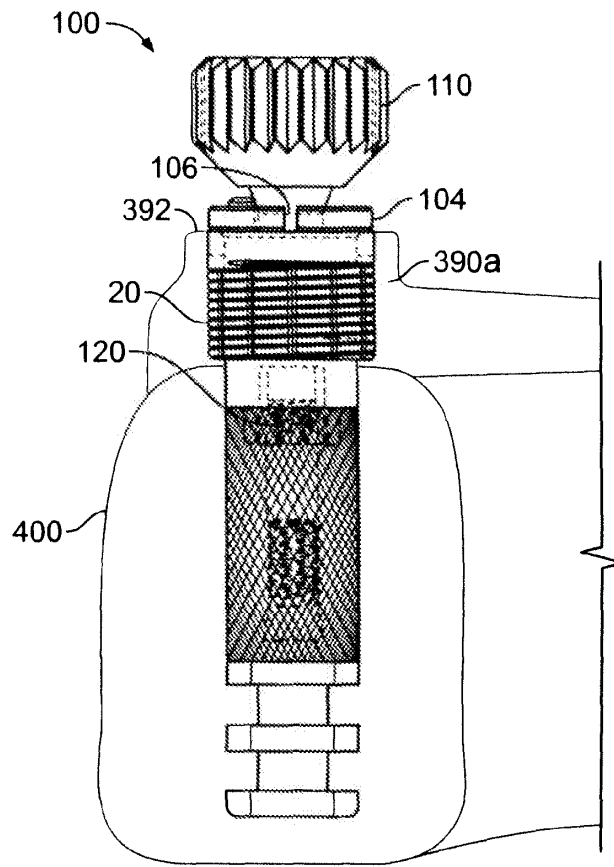


FIG. 13A

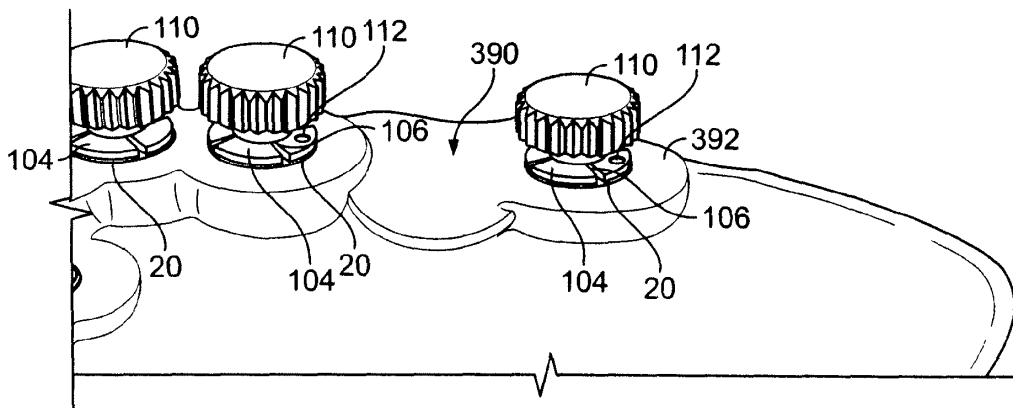


FIG. 13B

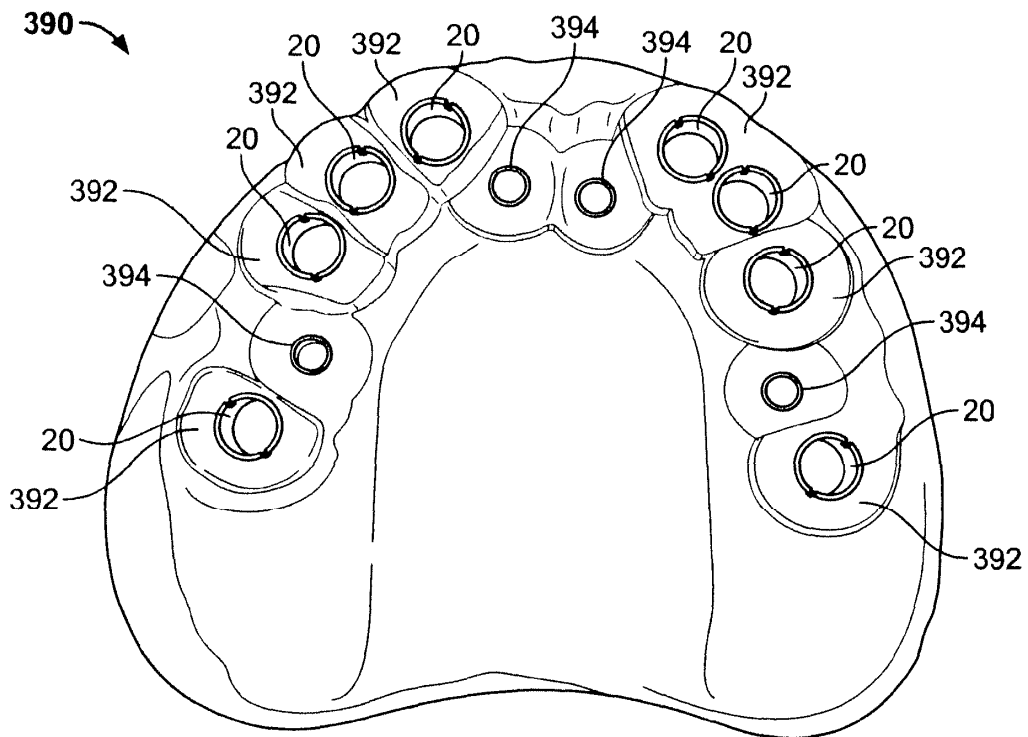


FIG. 14

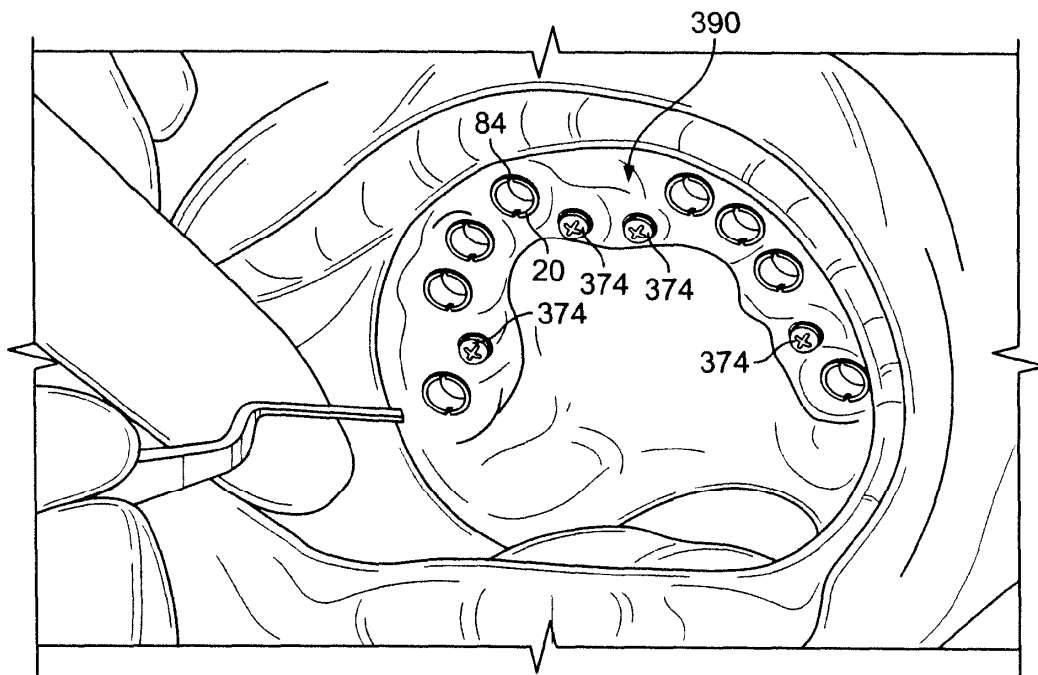


FIG. 15