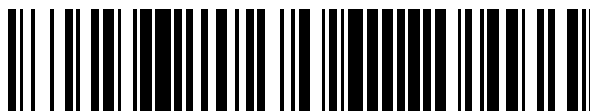


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 567**

51 Int. Cl.:

A61C 9/00 (2006.01)
A61C 19/045 (2006.01)
A61C 19/05 (2006.01)
A61C 19/00 (2006.01)
A61C 13/01 (2006.01)
A61C 13/08 (2006.01)
A61C 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.02.2013** **PCT/EP2013/052990**
87 Fecha y número de publicación internacional: **22.08.2013** **WO13120955**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2013** **E 13706204 (8)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018** **EP 2814421**

54 Título: **Modelado de un diseño digital de una prótesis dental**

30 Prioridad:

14.02.2012 DK 201200121
14.02.2012 US 201261598597 P
14.09.2012 DK 201270566
14.09.2012 US 201261701055 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.07.2018

73 Titular/es:

3SHAPE A/S (100.0%)
Holmens Kanal 7, 4
1060 Copenhagen K, DK

72 Inventor/es:

FISKER, RUNE y
HANSEN, MORTEN RYDE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 675 567 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

Modelado de un diseño digital de una prótesis dental

Esta invención se refiere de manera general a un método para modelar un diseño digital de una prótesis dental. Más particularmente, la invención se refiere a un método para modelar la parte gingival y/o la parte dental de la prótesis dental.

Un documento en este campo se ejemplifica por el documento US2007/190492 A1.

Se describe un método para modelar un diseño digital de una prótesis dental de un paciente, dicha prótesis dental que comprende una parte gingival y una parte dental que comprende un conjunto de dientes de prótesis dental, donde el método comprende:

- obtener una representación digital 3D de la encía del paciente;
- obtener modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental;
- disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente; y
- generar una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental.

Se describe un producto de programa de ordenador que comprende medios de código de programa para hacer que un sistema de procesamiento de datos realice el método de la presente invención, cuando dichos medios de código de programa se ejecutan en el sistema de procesamiento de datos.

En algunas realizaciones, el producto de programa de ordenador comprende un medio legible por ordenador que tiene almacenados en el mismo los medios de código de programa.

Se describe un medio legible por ordenador no transitorio que almacena en el mismo un programa de ordenador, donde dicho programa de ordenador está configurado para hacer modelado asistido por ordenador de un diseño digital de una prótesis dental para un paciente, dicha prótesis dental que comprende una parte gingival y una parte dental que comprende un conjunto de dientes de prótesis dental, donde el modelado comprende: obtener una representación digital 3D de la encía del paciente, obtener modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental, disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente y generar de una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental.

Se describe un sistema de procesamiento de datos para modelar un diseño digital de una prótesis dental para un paciente, dicha prótesis dental que comprende una parte gingival y una parte dental que comprende un conjunto de dientes de prótesis dental, donde el sistema comprende

- una unidad de procesamiento de datos configurada para obtener una representación digital 3D de la encía del paciente, y para obtener modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental; y
- un medio legible por ordenador no transitorio que tiene una o más instrucciones de ordenador almacenadas en el mismo, donde dichas instrucciones de ordenador comprenden instrucciones para organizar virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente, y para generar una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental cuando dichas instrucciones se ejecutan en dicha unidad de procesamiento de datos.

Se describe un sistema para modelar un diseño digital de una prótesis dental para un paciente, dicha prótesis dental que comprende una parte gingival y una parte dental que comprende un conjunto de dientes de prótesis dental, donde el sistema comprende

- una unidad de escáner configurada para obtener una representación digital 3D de la encía del paciente,
- una unidad configurada para obtener modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental; y
- un medio legible por ordenador no transitorio que tiene una o más instrucciones de ordenador almacenadas en el mismo, donde dichas instrucciones de ordenador comprenden instrucciones para disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente, y generar una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental.

La invención pertenece a un método para modelar un diseño digital de una prótesis dental para un paciente como se define en la reivindicación 1.

Se describe un método para fabricar una prótesis dental para un paciente, donde la prótesis dental comprende una parte gingival y dientes de prótesis dental, en donde el método comprende:

- obtener un diseño de prótesis dental digital, donde el diseño de prótesis dental digital se modela usando el método según la presente invención;

- 5 - fabricar al menos parte de la prótesis dental por medio de fabricación asistida por ordenador (CAM).

Cuando los modelos dentales virtuales se han dispuesto virtualmente en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente, la superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental se puede generar usando una serie de técnicas implementadas por ordenador, tales como mediante un proceso de deslizamiento o copiando o modificando superficies adecuadas de la representación digital 3D de las encías del paciente.

- 10 Es un objeto de la presente invención proporcionar un método para diseñar digitalmente una prótesis dental disponiendo virtualmente los dientes de la prótesis dental y generando virtualmente la parte gingival de la prótesis dental de manera que una prótesis dental fabricada a partir del diseño digital tenga una apariencia y tacto agradables.

- 15 La superficie gingival externa de una prótesis dental fabricada es visible cuando la prótesis dental está dispuesta en la boca del paciente.

Es un objeto de la presente invención proporcionar que la superficie gingival externa virtual generada sea de manera que una prótesis dental fabricada a partir del diseño digital de la prótesis dental tenga un aspecto estéticamente agradable y natural.

- 20 Es un objeto de la presente invención proporcionar que la superficie gingival externa virtual generada sea tal que una prótesis dental fabricada a partir del diseño digital de la prótesis dental esté formada de manera que la superficie gingival externa cause una incomodidad mínima al paciente cuando se usa la prótesis dental.

- 25 La parte gingival de la prótesis dental comprende una superficie gingival interna que se enfrenta a o contacta las superficies de la cavidad oral del paciente cuando la prótesis dental está dispuesta en la boca del paciente. Preferiblemente, el diseño digital de la prótesis dental también comprende una superficie gingival interna virtual correspondiente.

En algunas realizaciones, el método comprende generar la superficie gingival interna virtual.

Es un objeto de la presente invención proporcionar que la superficie gingival interna de un manufacturado a partir del diseño digital de la prótesis dental cause una incomodidad mínima al paciente cuando se usa la prótesis dental.

- 30 En algunas realizaciones, la superficie gingival externa virtual y la superficie gingival externa virtual se generan concurrentemente.

En algunas realizaciones, la representación digital 3D obtenida de la encía del paciente se refiere a la mandíbula superior del paciente, a la mandíbula inferior del paciente o a ambas.

- 35 En algunas realizaciones, la parte de la encía o las encías del paciente que se escanea cuando se obtiene la representación digital 3D comprende uno o más dientes sanos, tal como cuando el diseño digital es de una prótesis dental parcial.

Cuando se diseña una prótesis dental para una de las mandíbulas del paciente, también puede ser relevante escanear la mandíbula antagonista incluso aunque no se necesite ninguna prótesis dental para esta mandíbula. Cuando la representación digital 3D de las encías del paciente comprende la mandíbula antagonista y los dientes asociados, el diseño de la prótesis dental puede tener en cuenta la oclusión de los dientes.

- 40 En algunas realizaciones, una parte de la superficie gingival externa virtual se forma copiando o transfiriendo la parte correspondiente de la representación digital 3D obtenida. Esto proporciona la ventaja de que la parte gingival de una prótesis dental fabricada a partir de la prótesis dental diseñada digitalmente tendrá una superficie externa que se asemeja a la superficie natural de la cavidad oral de manera que la prótesis dental tendrá un aspecto más agradable y natural. El uso de la prótesis dental también causará menos molestias al paciente cuando, por ejemplo, la parte de la paleta de la prótesis dental se parece a la propia paleta del paciente.

- 45 En algunas realizaciones, la parte de la encía o las encías del paciente que se escanea cuando se obtiene la representación digital 3D se refiere a al menos la cresta alveolar y/o la paleta en la que la prótesis dental se ha de disponer de manera que la representación digital 3D obtenida de las encías comprende datos en relación con la cresta alveolar y/o a la paleta.

- 50 En algunas realizaciones, la cresta alveolar y/o la paleta de la representación digital 3D obtenida se usa en el diseño de la prótesis dental, tal como se usa cuando se genera la superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental. Por ejemplo, la superficie externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental en la cresta

alveolar entonces se puede diseñar para asemejarse a las superficies correspondientes de la cresta alveolar del paciente, de manera que la prótesis dental fabricada parecerá más natural.

- 5 Puede ser ventajoso que el diseño de la prótesis dental comprenda copiar/transferir la forma del área de la propia paleta del paciente de la representación digital 3D de las encías del paciente al diseño de la prótesis dental, dado que esto puede mejorar el ajuste de la prótesis dental. Además, permite un diseño de la prótesis dental en el que la parte de la paleta de la superficie gingival externa virtual está conformada según la paleta natural del paciente.

En algunas realizaciones, una superficie de la prótesis dental configurada para contactar o enfrentarse a una sección de las encías del paciente se diseña copiando o transfiriendo la parte de la representación digital 3D de las encías del paciente correspondiente a esta sección.

- 10 Esto puede tener la ventaja de que el paciente puede sentir menos incomodidad cuando tiene la prótesis dental dispuesta en la boca.

La superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental se puede generar concurrentemente con la superficie gingival virtual configurada para enfrentarse o contactar con la superficie adecuada de la cavidad oral del paciente.

- 15 En el contexto de la presente invención, el plano oclusal se puede representar mediante los tres siguientes puntos en una mandíbula dentada: el punto de contacto de los bordes incisales de los incisivos centrales inferiores (punto incisal), y las puntas de las cúspides distovestibulares de los segundos molares inferiores. Esto se sitúa principalmente a la altura de la línea de cierre de los labios.

- 20 En el contexto de la presente invención, la frase "diseño digital de una prótesis dental" se usa de manera intercambiable con la frase "diseño digital de prótesis dental".

En el contexto de la presente invención, la frase "cerco de oclusión mandibular" se usa de manera intercambiable con la frase "cerco de cera inferior".

En el contexto de la presente invención, la frase "cerco de oclusión maxilar" se usa de manera intercambiable con la frase "cerco de cera superior".

- 25 En el contexto de la presente invención, la frase "cerco de cera" se usa de manera intercambiable con la frase "modelo de Cerco Oclusal de Cera".

Varios pasos del método se pueden implementar por ordenador de manera que la precisión digital y la eficiencia se pueden aplicar a un proceso de técnica tradicionalmente exigente. La invención proporciona que los técnicos puedan modelar prótesis dentales altamente estéticas y funcionales al tiempo que se acorta significativamente el paso de diseño.

- 30 El flujo de trabajo de diseño de prótesis dental puede comprender el ajuste de la oclusión, el modelado del diseño gingival, la colocación de dientes y la realización de ajustes finos tales como la altura de la mordida y más. Con una implementación por ordenador del método, el operador puede usar herramientas de esculpido de forma libre implementadas por ordenador y articulación virtual dinámica en el modelado del diseño digital de la prótesis dental y hacer todos los ajustes necesarios para oclusión, estética y funcionalidad óptimas.

La parte de los dientes de la prótesis dental se puede basar en dientes acrílicos prefabricados de tamaño fijo o en dientes individuales personalizados hechos, por ejemplo, usando tecnología CAD/CAM.

- 40 La invención proporciona que el operador pueda ajustar rápidamente todos los dientes, superior e inferior, así como los lados izquierdo y derecho, al tiempo que se conserva la mordida correcta. Usando placas oclusales virtuales, la oclusión combinada se puede actualizar fácilmente. Entonces se puede aplicar una articulación virtual para optimizar la oclusión dinámica de la prótesis dental.

La oclusión se puede establecer de diferentes formas dependiendo del caso o el flujo de trabajo preferido.

En algunas realizaciones, se escanea un modelo de Cerco Oclusal de Cera para definir una posición relativa superior e inferior y el plano oclusal del paciente.

- 45 En algunas realizaciones, los modelos de cerco de cera superior/inferior se escanean por separado y se llevan virtualmente a oclusión usando herramientas de ajuste flexible.

En algunas realizaciones, el método comprende obtener el plano oclusal del paciente por medio de un arco facial.

En algunas realizaciones, el arco facial es un arco facial electrónico.

El arco facial electrónico puede emitir diferentes parámetros específicos del paciente que se pueden usar para establecer un articulador virtual, por ejemplo, como se describe en las solicitudes de patente de 3Shape WO2011/103876 y DK/PA 2012 70138.

En algunas realizaciones, el arco facial es un arco facial mecánico.

- 5 Después de establecer y ajustar el arco facial mecánico para la cara del paciente, el arco facial se puede disponer en un articulador mecánico, y las posiciones del articulador se pueden transferir a un articulador virtual por medio, por ejemplo, de placas de transferencia, placas adaptadoras, placas macho y hembra, etc., como se describe en las solicitudes de patente de 3Shape WO2011/103876 y DK/PA 2012 70138.

- 10 En algunas realizaciones, el método comprende obtener el plano oclusal del paciente por medio de impresiones físicas de las encías superiores e inferiores del paciente y/o mediante una o más mediciones de la cara y de la boca del paciente. Las impresiones físicas se pueden obtener usando una bandeja llena, por ejemplo, con material de moldeo de borde y/o material de impresión.

La bandeja puede ser una bandeja de impresión dental personalizada, tal como se describe en la solicitud de patente de 3Shape PCT/EP2012/062684.

- 15 La bandeja puede estar hecha de un material termoplástico.

En algunas realizaciones, el método comprende:

- obtener una representación digital 3D de la impresión física de la mandíbula superior del paciente;
- obtener una representación digital 3D de la impresión física de la mandíbula inferior del paciente; y
- 20 - obtener una representación digital 3D de las impresiones físicas de la mandíbula superior y mandíbula inferior del paciente dispuestas juntas.

En algunas realizaciones, la mandíbula superior y la mandíbula inferior del paciente están dispuestas juntas en oclusión.

- 25 Es una ventaja obtener una representación digital 3D de las impresiones físicas combinadas de la mandíbula superior e inferior, dado que esto puede indicar sus posiciones relativas correctas, por lo que la prótesis dental se puede diseñar adecuadamente.

En algunas realizaciones, el método comprende realizar mediciones de la cara y de la boca del paciente.

- 30 El dentista puede realizar las mediciones por medio de diferentes dispositivos de medición. El dispositivo de medición puede ser, por ejemplo, un componente que se fija a la encía y/o a labios del paciente. El componente se puede fijar usando, por ejemplo, material de impresión, material de registro de mordida, pegamento biocompatible, etc.

Las medidas pueden ser de la altura vertical correcta de la prótesis dental, la relación céntrica, el soporte labial, el plano de mordida, la línea media, la línea de sonrisa, la línea incisal central, etc.

El plano oclusal se puede obtener mediante una combinación de usar un arco facial, realizar mediciones de la cara y de la boca del paciente, obtener impresiones físicas y/u obtener cercos de cera.

- 35 En algunas realizaciones, el método comprende proporcionar una placa oclusal recta.

En algunas realizaciones, el método comprende proporcionar una placa oclusal curvada.

Las placas oclusales virtuales pueden ser curvadas, dobladas, planas, rectas, etc. El tipo más simple de placa oclusal puede ser una placa plana. No obstante, a menudo la mordida de un paciente no se caracteriza por una mordida u oclusión completamente plana, y entonces se puede usar una placa oclusal curvada.

- 40 La curva sagital de la boca del paciente puede determinar la curvatura de la placa oclusal.

- 45 La curva sagital se puede derivar del paciente moviendo los modelos de la mandíbula inferior y superior del paciente una con respecto a la otra en un articulador mecánico y usando el pasador de un arco facial para marcar los movimientos en el material de silicona dispuesto debajo del pasador. Entonces se pueden registrar los movimientos realizados en el material de silicona y se pueden realizar los mismos movimientos o bien en un articulador físico o bien en un articulador virtual, como se describe en las solicitudes de patente de 3Shape US 61/664.343 y DK PA 2012 70371. Esto se puede realizar si el paciente todavía tiene dientes en esta/su boca. Si el paciente se ha quedado sin dientes, entonces se puede usar una placa estándar para el movimiento.

En algunas realizaciones, el método comprende seleccionar una placa de oclusión virtual para modelar la prótesis dental del paciente.

En algunas realizaciones, el método comprende proporcionar una placa oclusal virtual en relación con las representaciones digitales 3D de los cerros de cera y/o la representación digital 3D de las encías del paciente, y disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la placa oclusal virtual.

- 5 Esto puede proporcionar que los modelos dentales virtuales se puedan disponer virtualmente fácil y rápidamente uno en relación con otro y/o en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente, es decir, en relación con la parte gingival de la prótesis dental.

- 10 En algunas realizaciones, los modelos dentales virtuales en la mandíbula inferior o la mandíbula superior se disponen en oclusión por medio de una placa oclusal virtual, y los modelos dentales virtuales están dispuestos entonces en la mandíbula superior o la mandíbula inferior, respectivamente, en relación con los modelos dentales ya dispuestos en la mandíbula antagonista.

Si, por ejemplo, el paciente ha perdido sus dientes durante mucho tiempo, por ejemplo, si la persona es una persona mayor, entonces el arco superior se habrá encogido y el arco inferior se habrá expandido, y el arco inferior es, por lo tanto, el arco dominante, y los dientes se dispondrán primero en la mandíbula inferior, y entonces después los dientes se dispondrán en la mandíbula superior en relación con los dientes en la mandíbula inferior.

- 15 Si, por ejemplo, el paciente es una persona más joven que ha perdido sólo recientemente sus dientes, entonces la mandíbula superior no ha empezado a encogerse aún, y la mandíbula inferior no ha comenzado a expandirse, y en este caso la mandíbula superior es la mandíbula o arco dominante, y los dientes se dispondrán primero en la mandíbula superior, y entonces después los dientes se dispondrán en la mandíbula inferior en relación con los dientes en la mandíbula superior.

- 20 Se puede usar un articulador virtual para probar y verificar la oclusión.

Alternativa y/o adicionalmente, se puede usar una prueba digital adecuada, realizada por medio de un algoritmo, para diseñar, probar y/o verificar la oclusión.

En algunas realizaciones, los modelos dentales virtuales se ajustan virtualmente a la placa oclusal.

- 25 Ajustado virtualmente significa fijo, unido, sostenido, sujetado, mantenido en contacto virtual con la placa oclusal, etc. De esta manera, incluso aunque el operador ajusta la posición, orientación y/o forma de los modelos dentales virtuales, los modelos dentales permanecen en la oclusión dada por la placa oclusal.

En algunas realizaciones, el método comprende ajustar la curvatura de la placa oclusal para proporcionar que la placa oclusal siga sustancialmente la curvatura de las mandíbulas del paciente.

- 30 En algunas realizaciones, el método comprende ajustar la curvatura de la placa oclusal tirando virtualmente de uno o más puntos de control de la placa oclusal.

Los puntos de control se pueden tirar o arrastrar hacia arriba, hacia abajo, hacia el lado derecho, hacia el lado izquierdo, etc., por lo que se altera la curvatura de la placa oclusal.

La placa oclusal puede ser recta por defecto, y el operador entonces puede ajustar la curvatura de la placa oclusal en relación con el caso de paciente específico.

- 35 En algunas realizaciones, el método comprende seleccionar modelos dentales virtuales a partir de una librería virtual que comprende conjuntos virtuales de modelos dentales, tales como seleccionar un conjunto de modelos dentales de una librería virtual.

En algunas realizaciones, los diferentes conjuntos de modelos dentales de la librería virtual tienen diferentes disposiciones de los modelos dentales, tales como diferentes disposiciones de los dientes unos con respecto a otros.

- 40 En algunas realizaciones, los diferentes conjuntos de modelos dentales de la librería virtual tienen diferentes formas y/o tamaños de dientes, tales como redondos, cuadrados, triangulares, cortos, largos, anchos y/o estrechos.

En algunas realizaciones, se seleccionan un conjunto de modelos dentales para la mandíbula inferior y/o un conjunto de modelos dentales para la mandíbula superior.

- 45 En algunas realizaciones, el conjunto de modelos dentales para la mandíbula inferior y el conjunto de modelos dentales para la mandíbula superior son un par que se encajan entre sí y se disponen en oclusión.

De esta manera, la forma de los dientes opuestos encaja entre sí, por ejemplo, las cúspides de los dientes posteriores opuestos en la mandíbula inferior y superior coinciden entre sí y encajan entre sí.

En algunas realizaciones, los conjuntos de modelos dentales en la librería se proporcionan mediante escaneo 3D de prótesis dentales físicas que comprenden las versiones físicas de los modelos dentales dispuestos en los conjuntos.

De esta manera, los conjuntos de librerías se pueden obtener construyendo prótesis dentales manualmente, escaneando las prótesis dentales, donde los dientes artificiales están dispuestos en oclusión adecuada, y luego guardando este escaneo como una librería de dientes configurada para la prótesis dental.

- 5 En algunas realizaciones, los modelos dentales virtuales están alineados en relación con los conjuntos de modelos dentales, tales como donde uno o más modelos dentales virtuales están alineados en relación con los otros dientes del conjunto de modelos dentales en los que están comprendidos y/o en relación con el conjunto de modelos dentales para la otra mandíbula.

Esto proporciona que los modelos dentales virtuales se puedan disponer muy bien en relación con la representación digital 3D de la mandíbula superior y/o inferior.

- 10 En algunas realizaciones, los modelos dentales de diferentes conjuntos de modelos dentales se combinan para la prótesis dental.

Por ejemplo, modelos dentales bellos y estéticos para los dientes anteriores se seleccionan a partir de un primer conjunto de dientes, y modelos dentales robustos y menos estéticos se seleccionan para los dientes posteriores o los dientes molares.

- 15 Por ejemplo, se seleccionan modelos dentales altos para los dientes anteriores y se seleccionan modelos dentales bajos para los dientes posteriores, si la boca del paciente no proporciona suficiente espacio en la parte posterior para dientes altos.

En algunas realizaciones, el método comprende ajustar virtualmente la posición, forma y/u orientación de uno o más de los modelos dentales en los conjuntos.

- 20 Es una ventaja ajustar la posición, la forma y/o la orientación de uno o más de los modelos dentales para asegurar que los modelos dentales se ajusten al paciente y para asegurar que se obtenga y/o mantenga la oclusión.

El software llamado Smile Composer de 3Shape se puede usar para ajustar la posición, forma y/u orientación de uno o más modelos dentales.

- 25 En algunas realizaciones, ajustar virtualmente la posición, forma y/u orientación de uno o más de los modelos dentales en los conjuntos comprende:

- trasladar un modelo de diente;
- girar un modelo de diente; y/o
- transformar un modelo de diente.

- 30 En algunas realizaciones, se mantiene la oclusión del conjunto de dientes para la mandíbula inferior y del conjunto de dientes para la mandíbula superior, cuando se ajusta la posición, forma y/u orientación de uno o más de los modelos dentales en el conjunto o los conjuntos.

En algunas realizaciones, se mantiene el contacto interproximal entre modelos dentales vecinos, cuando se ajusta la posición, forma y/u orientación de uno o más de los modelos dentales en el conjunto o los conjuntos.

- 35 En algunas realizaciones, el método comprende ajustar virtualmente la posición, forma y/u orientación para un grupo de modelos dentales. El ajuste puede ser idéntico para todos los dientes en dicho grupo o puede escalar con la distancia de un diente seleccionado en el grupo. El escalado puede ser tal que el ajuste aumente o disminuya con la distancia desde el diente seleccionado.

En algunas realizaciones, el método comprende sustituir uno o más modelos dentales en el conjunto seleccionado de dientes con modelos dentales de otro conjunto de dientes de la librería.

- 40 En algunas realizaciones, el método comprende diseñar virtualmente uno o más de los dientes para la prótesis dental. Los dientes de la prótesis dental se pueden fabricar entonces a partir de los dientes diseñados virtualmente.

De esta manera, en lugar de usar dientes de prótesis dental prefabricados, un diseñador dental puede diseñar uno o más de los dientes para la prótesis dental desde el principio, y los dientes diseñados entonces se pueden fabricar, por ejemplo, mediante métodos de fabricación rápidos, tales como impresión 3D, fresado, sinterización, etc. O bien todos los dientes para prótesis dental o bien solamente algunos dientes se pueden diseñar desde el principio.

- 45

En algunas realizaciones, el método comprende proporcionar un número de puntos característicos en la representación digital 3D de la mandíbula inferior y/o en la representación digital 3D de la mandíbula superior.

En algunas realizaciones, los puntos característicos se usan para determinar la colocación de modelos dentales en la mandíbula o las mandíbulas.

En algunas realizaciones, el conjunto virtual de modelos dentales seleccionados a partir de una librería virtual de modelos dentales se selecciona en base a las posiciones relativas de los puntos característicos.

En algunas realizaciones, proporcionar el número de puntos característicos comprende que un operador coloque virtualmente los puntos característicos.

- 5 En algunas realizaciones, proporcionar el número de puntos característicos comprende que los puntos característicos se coloquen automáticamente.

Los puntos característicos se pueden colocar automáticamente o colocar por el operador en la representación digital 3D de la mandíbula o las mandíbulas en base a ciertas reglas de colocación.

En algunas realizaciones, los puntos característicos en la mandíbula inferior comprenden uno o más de:

- 10
- una almohadilla retromolar #1;
 - una almohadilla retromolar #2;
 - un primer punto canino;
 - un segundo punto canino; y
 - un punto de cresta central.

- 15 En algunas realizaciones, los puntos característicos en la mandíbula superior comprenden uno o más de:

- tuberosidad #1;
- tuberosidad #2;
- un primer punto canino;
- un segundo punto canino; y

- 20
- un punto de cresta central.

Las tuberosidades se pueden definir en relación con o en base a la distancia entre los caninos.

La distancia entre los caninos puede definir además el tamaño de los dientes artificiales de la prótesis dental, tal como la anchura de los dientes. De esta manera, el conjunto de modelos dentales de la librería se puede seleccionar en base a la distancia entre los caninos.

- 25 Tradicionalmente, los dientes prefabricados se disponen físicamente en cera devastando la cera para hacer espacio para los dientes prefabricados. Los dientes dispuestos en cera se pueden denotar una prueba, dado que el paciente puede probar ésta en su boca para verificar si encaja. Si no encaja lo suficientemente bien, los dientes se pueden ajustar en la cera. Cuando la prueba encaja en el paciente, la prueba se puede colocar en un molde donde la cera se puede derretir y el acrílico puede sustituir la cera alrededor de los dientes prefabricados.

- 30 Según el presente método, en algunas realizaciones, se imprime una prótesis dental de prueba cuando se ha diseñado la prótesis dental.

El paciente entonces puede probar la prótesis dental de prueba impresa en su boca para verificar si encaja. Si no encaja lo suficientemente bien, los dientes se pueden ajustar en la prueba impresa, si el material impreso permite esto.

- 35 En algunas realizaciones, se usa un material fotopolimerizable para imprimir la prótesis dental de prueba.

Por ejemplo, se puede usar un material que sea fotopolimerizable, de manera que el material impreso sea dúctil, moldeable o formable antes de la fotopolimerización de manera que los dientes se puedan ajustar en la parte gingival. Cuando la prótesis dental de prueba encaja en el paciente, la prueba se puede fotopolimerizar para endurecer el material para asegurar que los dientes permanezcan en la posición.

- 40 En algunas realizaciones, la prótesis dental de prueba impresa se escanea en 3D después de un ajuste potencial de los dientes en la prótesis dental de prueba.

Puede ser fácil registrar los dientes ajustados en la prótesis dental de prueba impresa, debido a que la posición y orientación de los dientes en la prótesis dental de prueba solamente se ajustan ligeramente en relación con su posición y orientación originales en la prótesis dental de prueba impresa.

En algunas realizaciones, una prótesis dental de prueba se fabrica en cera, se escanea en 3D la prótesis dental de prueba de cera y, en base al escaneo 3D de la prótesis dental de prueba de cera, se imprime una prótesis dental final acrílica.

5 En lugar de producir una prótesis dental de prueba, se puede realizar una prueba digital usando un articulador virtual para probar si la prótesis dental encajará en el paciente. Si la representación digital 3D de la encía del paciente es de buena calidad y los modelos dentales virtuales se disponen adecuadamente en relación con la representación digital 3D de los dientes, entonces puede que no se requiera una prótesis dental de prueba y la prueba digital usando un articulador virtual puede ser suficiente para asegurar que la prótesis dental encaja en el paciente.

10 En algunas realizaciones, el método comprende la definición de una estría gingival 3D que marca una curva límite exterior de la prótesis dental directamente en la representación digital 3D de la encía del paciente o en la prótesis dental de prueba escaneada 3D cuando una de éstas se visualiza en la pantalla de un ordenador. En base a la estría gingival 3D y la disposición de los modelos dentales virtuales, un software de ordenador puede implementar varios pasos del método y diseñar automáticamente la parte gingival de la prótesis dental, de manera se forme perfectamente para encajar los dientes de la prótesis dental. Esto se puede hacer con un esfuerzo limitado por parte del operador. Los detalles anatómicos de la parte gingival se pueden añadir con el propio toque artístico del operador usando herramientas de esculpido y edición virtuales implementadas por ordenador.

15 Cuando se completa el modelado del diseño digital de los diseños de la prótesis dental, el modelo virtual resultante de la prótesis dental está completamente listo para emisión eficiente en una variedad de fresadoras o impresoras 3D. La parte gingival de la prótesis dental se puede producir para que coincidan perfectamente dientes acrílicos prefabricados o dientes fabricados a medida.

En algunas realizaciones, el método comprende definir una estría gingival 3D en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente. La estría gingival 3D está configurada para definir un borde o límite gingival de la prótesis dental, es decir, el límite de circunferencia/exterior de la parte gingival de la prótesis dental.

25 En realizaciones implementadas por ordenador, se puede dibujar la estría gingival 3D directamente en la representación digital 3D de la encía del paciente en una pantalla de ordenador.

El sistema de la invención puede diseñar automáticamente la parte gingival de la prótesis dental y proporcionar que esté perfectamente formada para encajar los dientes.

En algunas realizaciones, el método comprende disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la parte gingival de la prótesis dental.

30 En algunas realizaciones, parte de la estría gingival 3D está dispuesta en el surco de la encía del paciente.

En algunas realizaciones, parte de la estría gingival 3D está dispuesta en la línea ah del paciente.

En algunas realizaciones, la superficie gingival externa virtual está configurada para conectar la estría gingival 3D y los modelos dentales virtuales, es decir, la superficie gingival externa virtual generada está formada de manera que está limitada, al menos en parte, por la estría gingival 3D y la superficie de los modelos dentales virtuales.

35 En algunas realizaciones, las líneas gingivales del diente se definen para dichos modelos dentales virtuales y dicha superficie gingival externa virtual contacta con dichos modelos dentales virtuales en dicha línea de encía-diente.

40 Esto tiene la ventaja de que la apariencia de la prótesis dental se puede determinar, al menos en parte, por la línea de encía-diente. En algunos casos, la línea de encía-diente está predefinida en base a la estructura del diente de la prótesis dental, mientras que en otros casos un operador define la línea de encía-diente. En ambos casos, la forma de la superficie gingival externa virtual en la prótesis dental se puede determinar, hasta cierto punto, de manera automática en base a las líneas gingivales del diente definidas.

En algunas realizaciones, el método comprende conectar la superficie gingival externa virtual con las líneas gingivales del diente en los modelos dentales virtuales.

45 En algunas realizaciones, el método comprende extender la superficie gingival externa virtual en el hueco interproximal entre los modelos dentales.

Es una ventaja que la superficie gingival externa se extienda pasadas las líneas gingivales del diente en los modelos dentales virtuales en los huecos entre los dientes, dado que esto proporciona una apariencia natural y estética de la prótesis dental y proporciona que partes de los alimentos no se capturen en los huecos interproximales.

50 En algunas realizaciones, la superficie gingival externa virtual se genera al menos en parte por un desplazamiento de una parte correspondiente de la representación digital 3D de la encía del paciente.

Esto tiene la ventaja de que se puede obtener fácilmente una apariencia natural de esta parte de la prótesis dental. Además, el paciente puede experimentar menos incomodidad cuando se usa la prótesis dental si su superficie

externa se parece a la anatomía natural del tejido del paciente. También el diseño de esta parte de la prótesis dental se puede hacer altamente automático, por ejemplo, activando un botón virtual en una interfaz de usuario, esta parte se puede diseñar automáticamente.

5 En algunas realizaciones, la superficie gingival externa virtual se genera, al menos en parte, por un proceso de deslizamiento.

En algunas realizaciones, al menos parte de la superficie gingival externa virtual está conformada para parecerse a las superficies correspondientes en la encía natural del paciente. Las superficies correspondientes pueden referirse a la parte visible de la cresta alveolar y la paleta, de manera que al menos la superficie visible de la parte gingival de la prótesis dental se forme de acuerdo con la apariencia natural de la encía del paciente.

10 En algunas realizaciones, al menos parte de la forma de la superficie gingival externa virtual se selecciona a partir una librería gingival.

Esto tiene, por ejemplo, la ventaja de que la prótesis dental se puede diseñar rápidamente y en gran medida automáticamente. El uso de una librería gingival con una selección de superficie gingival externa virtual que parezca natural proporciona que se pueda diseñar fácilmente una prótesis dental estéticamente atractiva.

15 En algunas realizaciones, al menos parte de la forma de la superficie gingival externa virtual se modifica o genera usando una herramienta virtual de esculpido de forma libre. Esto se puede implementar con las herramientas de esculpido y edición de Dental System™ de 3Shape que permiten añadir fácilmente detalles anatómicos a la encía con un propio toque artístico de los operadores.

20 En algunas realizaciones, la superficie gingival externa virtual se genera al menos en parte por una encía marginal virtual.

En algunas realizaciones, la encía marginal virtual está dispuesta en la parte gingival de la prótesis dental donde la encía se encuentra con la cara lingual, labial o bucal de los modelos dentales virtuales.

En algunas realizaciones, generar la superficie gingival externa virtual comprende generar la encía marginal virtual y conectar la encía marginal a la estría gingival 3D.

25 En algunas realizaciones, generar la superficie gingival externa virtual comprende conectar la estría gingival 3D con los modelos dentales virtuales y luego generar la encía marginal.

En algunas realizaciones, la estría gingival 3D está conectada a una línea de encía-diente en los modelos dentales virtuales.

En algunas realizaciones, la superficie gingival externa virtual está configurada para ser ajustada.

30 Una versión inicial de la superficie gingival externa virtual, por ejemplo, se puede seleccionar a partir de una librería y el método puede comprender entonces un ajuste de la versión inicial seleccionada para personalizar la superficie gingival externa virtual a la situación oral del paciente. Esto proporciona la ventaja de que se puede diseñar fácilmente una prótesis dental atractiva estéticamente que se parece a la superficie natural en la cavidad oral.

35 En algunas realizaciones, el ajuste se realiza tirando de uno o más puntos de control dispuestos en la superficie gingival externa virtual.

En algunas realizaciones, la superficie gingival externa virtual está configurada para ser ajustada de manera que se curve hacia adentro entre las encías del paciente y la línea de encía-diente en los modelos dentales.

Una curvatura hacia adentro entre la línea de encía-diente y las encías proporciona una parte gingival de aspecto natural de la prótesis dental.

40 En algunas realizaciones, el método comprende diseñar virtualmente la superficie gingival externa de la prótesis dental para ser redondeada en los bordes o límites gingivales.

Si los bordes o límites gingivales están redondeados, es más cómodo para que el paciente use la prótesis dental, dado que un borde o límite gingival que no esté redondeado será bastante incómodo para el paciente dado que los bordes y los límites entonces se sentirán muy agudos para las encías y cuando se tocan por la lengua.

45 En algunas realizaciones, el método comprende diseñar virtualmente la superficie gingival externa de la mandíbula o parte de la mandíbula inferior de la prótesis dental para tener un tamaño lo suficientemente grande para que la lengua toque y descansa sobre una parte de la superficie gingival externa. Por este medio, la lengua puede actuar como un soporte protésico activo para la parte de la mandíbula inferior de la prótesis dental, que de otro modo podría tener una tendencia a caer de nuevo en la boca.

En algunas realizaciones, el método comprende diseñar virtualmente un saliente en el borde o límite gingival del paladar o el área de paleta de la prótesis dental.

La función del saliente es crear un vacío debajo del paladar o del área de paleta de la prótesis dental de la mandíbula superior, por lo cual la parte de la prótesis dental superior se succionará al propio paladar del paciente.

- 5 En algunas realizaciones, el método comprende diseñar virtualmente de una mella en el centro del paladar o del área de paleta en el borde o límite gingival de la prótesis dental.

Dos glándulas salivales tienen su salida en el paladar y la prótesis dental se debería diseñar para no cubrir estas glándulas.

- 10 En algunas realizaciones, la superficie gingival externa virtual se genera, al menos en parte, por uno o más salientes cervicales virtuales. Los salientes cervicales virtuales se pueden configurar para parecerse a los salientes definidos por los extremos de la raíz subgingival de los dientes.

En algunas realizaciones, el método comprende identificar un plano oclusal de la prótesis dental.

En algunas realizaciones, el método comprende ajustar la altura de la mordida.

- 15 En algunas realizaciones, el método comprende formar un cerco de cera superior para el arco maxilar del paciente. En algunas realizaciones, el método comprende escanear dicho cerco de cera superior para obtener una representación digital 3D del cerco de cera superior.

En algunas realizaciones, el método comprende formar un cerco de cera inferior para el arco mandibular del paciente. En algunas realizaciones, el método comprende escanear dicho cerco de cera inferior para obtener una representación digital 3D del cerco de cera inferior.

- 20 En algunas realizaciones, el método comprende formar digitalmente unas representaciones 3D de un cerco de cera inferior para el arco mandibular del paciente y/o formar digitalmente representaciones digitales 3D de un cerco de cera superior para el arco maxilar del paciente, tal como seleccionando representaciones digitales 3D de los cercos de cera a partir de una librería de cercos de cera y conformar digitalmente estas representaciones digitales 3D para adaptarse a la situación oral del paciente usando una herramienta de manipulación virtual

- 25 En base a las representaciones digitales 3D de los cercos de cera, se puede obtener la ubicación del plano oclusal, el plano medial marcado en un cerco de cera o el borde incisal de los dientes anteriores de la mandíbula, por ejemplo, para derivar el plano oclusal del paciente. Los cercos de cera se pueden obtener escaneando en la boca del paciente o escaneando un modelo físico, a partir de un registro de la mordida. El escaneo puede usar un escáner de sobremesa o un escáner intraoral.

- 30 Los cercos de cera se pueden usar para dos funciones, que es ajustar y asegurar que la oclusión de la prótesis dental sea correcta, y para obtener la forma de los labios del paciente, de manera que los dientes en la prótesis dental encajen debajo de los labios, sin hacer que los labios se colapsen en la boca o hacer que los labios se aparten de su posición natural

- 35 En algunas realizaciones, el método comprende disponer virtualmente los modelos dentales en relación con las representaciones digitales 3D del cerco de cera.

En algunas realizaciones, los modelos dentales dispuestos se ajustan virtualmente a la representación digital 3D del cerco de cera.

- 40 En algunas realizaciones, los modelos dentales se disponen automáticamente en una distancia predefinida desde la representación digital 3D del cerco de cera, tal como una distancia predefinida a lo largo de una dirección en el plano oclusal.

En algunas realizaciones, la línea central y/o la línea media de la cara del paciente se registran o esbozan en los cercos de cera.

- 45 La línea central y la línea media registradas se usan cuando se diseña la prótesis dental, de manera que los dientes artificiales en la prótesis dental estén dispuestos de forma estética y/o correcta funcionalmente en relación con la cara del paciente.

En algunas realizaciones, el método comprende obtener representaciones digitales 3D tanto de la encía mandibular como de la encía maxilar del paciente.

- 50 En algunas realizaciones, el método comprende disponer modelos físicos de la mandíbula y del maxilar del paciente y los cercos de cera inferior y superior correspondientes en una pila según su posición relativa en oclusión, y obtener una representación digital 3D de esta pila.

La pila se puede escanear antes de los modelos de encía o después de los modelos de encía. En un flujo de trabajo, se dispone y escanea la pila. Entonces el modelo físico del maxilar y los cercos de cera se eliminan y se escanean juntos. Finalmente se escanea el modelo físico de la mandíbula.

- 5 En algunas realizaciones, el método comprende alinear virtualmente las representaciones digitales 3D de las encías mandibular y maxilar del paciente y la representación digital 3D de la pila, de manera que se genera un modelo combinado de cerco de encía-cera.

En algunas realizaciones, los modelos de cerco de encía-cera se definen para cada uno del maxilar y el mandibular.

Esto proporciona, por ejemplo, la ventaja de que los modelos de cerco de encía-cera se pueden disponer juntos para proporcionar información de la disposición relativa de las encías en oclusión.

- 10 En algunas realizaciones, se deriva la disposición relativa de la encía del arco maxilar y del plano oclusal. En algunas realizaciones, se deriva la disposición relativa de la encía del arco mandibular y del plano oclusal. En ambos casos, se puede derivar a partir de la representación digital 3D de la pila.

En algunas realizaciones, el método comprende obtener una representación digital 3D del cerco de cera inferior, tal como escaneando el cerco de cera superior formado.

- 15 Esto tiene la ventaja de que la representación digital 3D del cerco de cera inferior se puede usar en el diseño digital de la prótesis dental, de manera que se puede utilizar la información proporcionada por el cerco de cera inferior.

En algunas realizaciones, el método comprende obtener una representación digital 3D del cerco de cera superior, tal como escaneando el cerco de cera superior formado.

- 20 Esto tiene la ventaja de que la representación digital 3D del cerco de cera superior se puede usar en el diseño digital de la prótesis dental, de manera que se puede utilizar la información proporcionada por el cerco de cera superior.

En algunas realizaciones, las representaciones digitales 3D de los cercos de cera superior e inferior se llevan virtualmente a oclusión, y donde la posición y orientación del plano oclusal se determina a partir de los mismos. La disposición relativa del arco mandibular y maxilar en oclusión también se puede determinar a partir de los mismos.

- 25 En algunas realizaciones, las representaciones digitales 3D de los cercos de cera superior e inferior están dispuestas virtualmente en relación con la representación digital 3D de las encías mandibular y maxilar del paciente, de manera que se genera el modelo combinado de cerco de encía-cera.

En algunas realizaciones, la línea labial de la prótesis dental se deriva del modelo combinado de cerco de encía-cera.

- 30 En algunas realizaciones, el borde incisal de los dientes anteriores de la prótesis dental mandibular se deriva del modelo combinado de cerco de encía-cera.

En algunas realizaciones, el plano oclusal se deriva del modelo combinado de cerco de encía-cera.

En algunas realizaciones, el borde incisal de los dientes anteriores de la prótesis dental maxilar se deriva del modelo combinado de cerco de encía-cera.

- 35 El borde incisal de los dientes anteriores maxilares se puede marcar en el cerco de cera superior en los casos donde los dientes anteriores maxilares se extienden por debajo del borde incisal de los dientes anteriores mandibulares.

En algunas realizaciones, la oclusión o el plano oclusal de la boca del paciente se deriva de los cercos de cera superior e inferior.

La oclusión o plano oclusal derivado de la boca se puede proporcionar como el plano oclusal u la oclusión de la prótesis dental.

- 40 En algunas realizaciones, la forma de los labios del paciente se deriva de los cercos de cera superior e inferior.

La forma derivada de los labios se puede usar cuando se diseña la prótesis dental. De esta manera se puede determinar a partir de los cercos de cera cuánto espacio hay disponible para los dientes de la prótesis dental y la encía detrás de los labios. Los dientes de la prótesis dental y la parte gingival no deberían ocupar más o menos espacio que el adecuado, dado que de otro modo los labios del paciente no cubrirán la prótesis dental de una forma estética.

- 45 En algunas realizaciones, los modelos dentales se ajustan virtualmente al interior de la representación o las representaciones digitales 3D del cerco o los cercos de cera para asegurar que hay suficiente espacio para los dientes detrás de los labios del paciente.

Alternativamente, los modelos dentales se pueden ajustar a la representación digital 3D del cerco de cera en un lugar adecuado para asegurar que haya suficiente espacio para los dientes detrás de los labios del paciente.

5 En algunas realizaciones, los modelos dentales virtuales están dispuestos virtualmente en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente en base a una visualización de los modelos dentales virtuales en relación con dicho modelo combinado de cerco de encía-cera.

En algunas realizaciones, disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente comprende girar y/o trasladar los modelos dentales virtuales con respecto a la representación digital 3D de la encía del paciente.

10 En algunas realizaciones, el método comprende disponer virtualmente al menos la parte dental de la prótesis dental en relación con un articulador virtual y realizar una articulación virtual dinámica para evaluar la oclusión de la prótesis dental.

15 En algunas realizaciones, el método comprende determinar una forma objetivo de los dientes de la prótesis dental. La forma objetivo se puede determinar usando la detección de colisión en base, por ejemplo, a un articulador dinámico virtual, una relación objetivo entre los dientes y las encías, el espacio disponible para el material gingival de la prótesis dental.

20 La articulación virtual se puede realizar usando un articulador virtual que comprende un modelo virtual 3D del maxilar y un modelo virtual 3D del mandibular con los dientes correspondientes dispuestos en relación con sus respectivas mandíbulas. El maxilar virtual y la mandíbula virtual se mueven uno con respecto al otro para simular una oclusión dinámica de manera que ocurran colisiones entre los dientes en el maxilar virtual y en la mandíbula virtual.

25 La articulación y la oclusión de la prótesis dental se pueden evaluar usando un articulador dinámico virtual en el que se disponen la prótesis dental y los dientes antagonistas. Los dientes antagonistas pueden ser los modelos dentales virtuales de una prótesis dental modelada simultánea o previamente para el arco opuesto. El antagonista también puede ser dientes originales del paciente. Para el caso donde los dientes mandibulares del paciente están intactos y ha de ser modelada una prótesis dental maxilar, los dientes antagonistas serán el conjunto intacto de dientes de la mandíbula.

En algunas realizaciones, el método comprende:

- realizar una articulación virtual de la prótesis dental, y
- eliminar virtualmente una parte de uno o más de los modelos dentales, si la articulación virtual indica que la eliminación es adecuada.

La eliminación virtual de parte de los modelos dentales virtuales se puede realizar automáticamente en base a la articulación o se puede eliminar virtualmente por el operador.

En algunas realizaciones, el método comprende:

- realizar una articulación virtual de la prótesis dental, y
- ajustar virtualmente la posición y/u orientación de uno o más de los modelos dentales, si la articulación virtual indica que el ajuste es adecuado.

40 El ajuste virtual de la posición y/u orientación de parte de los modelos dentales virtuales se puede realizar automáticamente en base a la articulación o se puede realizar virtualmente por el operador. Los modelos dentales se pueden trasladar, por ejemplo, en la dirección labial o lingual o se pueden mover aún más hacia la parte gingival o girar en relación con los dientes vecinos.

En algunas realizaciones, los modelos dentales virtuales corresponden a versiones exactas de los dientes de la prótesis dental, tales como versiones exactas de dientes de prótesis dental prefabricados. Un modelo virtual inicial de un diente puede corresponder a la versión exacta de un diente de prótesis dental.

45 En algunas realizaciones, los dientes de la prótesis dental son dientes prefabricados, tales como dientes acrílicos prefabricados. Tales dientes prefabricados pueden ser, por ejemplo, Vita T3M u otros dientes de prótesis dental fabricados por VITA Zahnfabrik en Alemania, o dientes artificiales Ivoclar Vivadent, tales como Phonares, Vivodent, VivoTAC, Ivostar, etc.

50 En algunas realizaciones, el método comprende ajustar el tamaño, la forma, la longitud, la anchura o el espesor de los dientes prefabricados para obtener dicha forma objetivo. Los ajustes pueden implicar la eliminación del exceso de material dental por ejemplo, devastando o mediante ablación con láser. Los ajustes también pueden incluir la adición de material dental, tal como añadiendo localmente material de porcelana a partes seleccionadas del diente.

En algunas realizaciones, los dientes de la prótesis dental son dientes personalizados que se representan por modelos dentales CAD.

5 Los modelos dentales CAD de los dientes de prótesis dental se pueden modificar con respecto a su tamaño, forma, longitud, anchura, distribución de masa o espesor para obtener dicha forma objetivo. Esto se puede hacer durante el modelado del diseño digital de la prótesis dental, de manera que la forma del diente también se tenga en consideración en el diseño de la parte gingival de la prótesis dental.

En algunas realizaciones, la representación digital 3D de la encía del paciente se obtiene escaneando la encía del paciente usando un escáner intraoral.

10 En algunas realizaciones, la representación digital 3D de la encía del paciente se obtiene escaneando al menos parte de una impresión de la encía del paciente y/o escaneando al menos parte de un modelo físico de la encía del paciente. El escaneo se puede realizar por medio de escaneo con luz láser, escaneo con luz blanca, escaneo con sonda, escaneo con rayos X y/o escaneo CT.

15 En algunas realizaciones, el método es para modelar una prótesis dental maxilar o una mandibular. Por ejemplo, los dientes del maxilar pueden estar intactos mientras que una prótesis dental se diseña para su antagonista, es decir, la mandíbula o viceversa.

En este caso, se escanean los dientes del antagonista y se obtiene una representación digital 3D del antagonista. Cuando se disponen los modelos dentales virtuales de la prótesis dental, entonces se usa la representación digital 3D del antagonista cuando, por ejemplo, se aplica un articulador dinámico virtual para evaluar la oclusión.

En algunas realizaciones, el método es para modelar una prótesis dental maxilar y una mandibular.

20 Entonces se obtienen modelos dentales virtuales tanto para la prótesis dental maxilar como la mandibular, y los modelos virtuales de los dientes mandibulares se tienen en cuenta preferiblemente cuando se dispone del modelo virtual de los dientes maxilares y viceversa.

25 En algunas realizaciones, al menos la parte dental de un maxilar y la parte dental de una prótesis dental mandibular se modelan simultáneamente. Los modelos virtuales de los dientes mandibulares y los modelos virtuales de los dientes maxilares se pueden colocar, rotar, volver a dimensionar, etc. dependiendo de la posición, la rotación, el tamaño, etc. uno de otro.

En algunas realizaciones, el método es para modelar una prótesis dental completa, es decir, una prótesis dental que sustituye a todos los dientes en la parte correspondiente de la boca del paciente.

30 Algunos de los dientes originales del paciente pueden estar presentes en la representación digital 3D de las encías del paciente, y en algunos casos estos dientes son tan saludables que preferiblemente se deberían conservar. En algunas realizaciones, el método es para modelar una prótesis dental parcial, es decir, una prótesis dental que sustituye algunos dientes en la parte correspondiente de la boca del paciente.

35 En algunas realizaciones, al menos parte del método se implementa por ordenador. Esto tiene la ventaja de que muchos pasos de diseño se pueden realizar más rápido y con mayor precisión que cuando un operador está haciéndolos manualmente.

40 En algunas realizaciones, se controla la extensión de las secciones socavadas entre la prótesis dental y las encías. Para una prótesis dental maxilar, la potencia de succión entre la prótesis dental y las encías del paciente contrarresta la fuerza de la gravedad para mantener la prótesis dental fijada en las encías maxilares del paciente. Para esta prótesis dental, un cierto grado de socavaciones puede ayudar a la potencia de succión y funcionar realmente en beneficio del paciente.

Para la prótesis dental mandibular, puede ser ventajoso bloquear cualquier socavación.

En algunas realizaciones, el método comprende realizar un bloqueo parcial de cera de las socavaciones.

Especialmente para las personas mayores, se puede requerir un bloqueo de cera para garantizar que la prótesis dental permanezca en la boca del paciente.

45 En algunas realizaciones, el método comprende la imitación de dientes.

La imitación de dientes puede ser tal que la disposición de los dientes de la prótesis dental en un lado de un arco se determina imitando la disposición de los dientes de la prótesis dental en el lado opuesto del arco, tal como la imitación con respecto al plano medial del paciente.

50 En algunas realizaciones, la imitación de dientes es tal que la forma de los dientes de la prótesis dental en un lado de un arco se determina imitando la forma de los dientes de la prótesis dental en el lado opuesto del arco. La imitación puede ser, de esta manera, con respecto al plano medial del paciente.

Es una ventaja que se pueda realizar la imitación, debido a que entonces el usuario no necesita trabajar o modificar la disposición o forma de todos los dientes que se deberían diseñar con respecto a la disposición y forma, el usuario puede sólo diseñar los dientes, por ejemplo, en el arco izquierdo. Uno o más dientes se pueden imitar.

- 5 En algunas realizaciones, el resultado del modelado de los diseños digitales de la prótesis dental es un modelo virtual de la prótesis dental que está completamente listo para una salida eficiente en una variedad de fresadoras o impresoras 3D.

El método puede comprender producir la encía de la prótesis dental para que coincida perfectamente con los dientes acrílicos prefabricados o los dientes fabricados a medida. A menudo, los dientes de la prótesis dental están hechos de un primer material y la parte gingival se fabrica en un segundo material.

- 10 En algunas realizaciones, el método comprende disponer virtualmente uno o más implantes en relación con los modelos dentales virtuales y la parte gingival de la prótesis dental.

En algunas realizaciones, el método comprende conectar virtualmente uno o más de los modelos dentales virtuales y/o la parte gingival de la prótesis dental al uno o más implantes.

- 15 Los implantes están conectados en la parte inferior de la parte gingival, es decir, en la parte de la parte gingival que se enfrenta a las encías del paciente, dado que los implantes se implantan en las encías del paciente.

De esta manera, puede no ser requerida ninguna superestructura, barra, bastidor, etc. en la prótesis dental para conectar la prótesis dental a los implantes.

En algunas realizaciones, el método comprende reducir o desplazar virtualmente los modelos dentales virtuales.

- 20 En algunas realizaciones, una capa de recubrimiento se puede diseñar virtualmente en dientes reducidos o desplazados virtualmente.

En algunas realizaciones, los dientes del modelo virtual están configurados para ser reducidos virtualmente de tamaño.

- 25 Cuando los modelos de dientes virtuales corresponden con dientes prefabricados físicos, estos dientes prefabricados solamente se pueden hacer menores no mayores y, por lo tanto, el software usado para diseñar los modelos dentales virtuales puede asegurar que el operador o el diseñador dental solamente pueda reducir el tamaño de los dientes del modelo virtual, sin aumentar el tamaño de un diente del modelo virtual. Si el técnico dental desea tener un diente más grande, debería seleccionar un diente de modelo diferente de la librería digital de dientes.

En algunas realizaciones, el método comprende disponer virtualmente una imagen 2D de los labios del paciente en relación con el diseño digital de la prótesis dental.

- 30 Es una ventaja que el diseño de la prótesis dental se puede ver o visualizar en relación con los propios labios del paciente para mostrar el resultado final esperado al paciente para su aprobación. La imagen 2D y el diseño digital de la prótesis dental pueden se pueden alinear.

Detalles adicionales en relación con la disposición de una imagen 2D de los labios del paciente en relación con el diseño digital de la prótesis dental se pueden encontrar en la solicitud de patente de 3Shape WO2012/000511.

- 35 En algunas realizaciones, el método comprende disponer y alinear virtualmente una imagen 2D de los labios del paciente en relación con las representaciones digitales 3D de los cerros de cera.

El cerco de cera se puede marcar con marcadores para ciertos puntos o áreas, por ejemplo, con agujeros en la cera que indican la línea de la sonrisa, los caninos, etc.

En algunas realizaciones, el método comprende definir el espesor de la parte gingival de la prótesis dental.

- 40 El espesor puede ser diferente en diferentes áreas de la parte gingival. Por ejemplo, el espesor de la encía puede ser menor en los límites o bordes de la encía, de manera que la transición entre la parte gingival y la encía del paciente se verá tan natural como sea posible por medio de una transición suave.

- 45 La presente invención se refiere a diferentes aspectos que incluyen el método y sistema descritos anteriormente y a continuación, y los métodos y sistemas correspondientes, cada uno produciendo uno o más de los beneficios y ventajas descritos en conexión con el primer aspecto mencionado, y teniendo cada uno una o más realizaciones correspondientes a las realizaciones descritas en conexión con el primer aspecto mencionado y/o descrito en las reivindicaciones adjuntas.

En particular, se describe un método para fabricar una prótesis dental para un paciente, donde la prótesis dental comprende una parte gingival y dientes de prótesis dental, en donde el método comprende:

- obtener un diseño digital de prótesis dental, donde se modela el diseño digital de la prótesis dental usando el método según cualquiera de las realizaciones;

- fabricar al menos parte de la prótesis dental por medio de fabricación asistida por ordenador (CAM).

5 Además, la invención se refiere a un producto de programa de ordenador que comprende medios de código de programa para hacer que un sistema de procesamiento de datos realice el método según cualquiera de las realizaciones, cuando dichos medios de código de programa se ejecutan en el sistema de procesamiento de datos y un producto de programa de ordenador, que comprende un medio legible por ordenador que ha almacenado en el mismo los medios de código de programa.

10 También se describe un medio legible por ordenador no transitorio que almacena en el mismo un programa de ordenador, donde dicho programa de ordenador está configurado para hacer modelado asistido por ordenador de un diseño digital de una prótesis dental para un paciente, dicha prótesis dental que comprende una parte gingival y una parte dental que comprende un conjunto de dientes de prótesis dental, donde el modelado comprende: obtener una representación digital 3D de la encía del paciente, obtener modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental, disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente, y generar una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental.

15 También se describe un sistema para modelar un diseño digital de una prótesis dental para un paciente, dicha prótesis dental que comprende una parte gingival y una parte dental que comprende un conjunto de dientes de prótesis dental, donde el sistema comprende

- una unidad de escáner configurada para obtener una representación digital 3D de la encía del paciente,

20 - una unidad configurada para obtener modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental;

- un medio legible por ordenador no transitorio que tiene una o más instrucciones de ordenador almacenadas en el mismo, donde dichas instrucciones de ordenador comprenden instrucciones para disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente, y generar una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental.

25 Se describe una interfaz de usuario para modelar un diseño digital de una prótesis dental para un paciente, dicha prótesis dental que comprende una parte gingival y una parte dental que comprende un conjunto de dientes de prótesis dental, donde la interfaz de usuario está configurada para:

- visualizar una representación digital 3D de la encía del paciente y modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental;

30 - disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente; y

- generar una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental.

35 En algunas realizaciones, la interfaz de usuario está configurada para ser visualizada por un operador usando una pantalla de ordenador y para permitir al operador introducir datos y hacer elecciones presentadas en la interfaz de usuario por medio de un teclado de ordenador o un ratón de ordenador.

En algunas realizaciones, la interfaz de usuario está configurada para obtener y visualizar representaciones digitales 3D de un cerco de cera superior y/o uno inferior junto con la representación digital 3D de la encía del paciente y/o los modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental.

40 La interfaz de usuario se puede implementar usando un sistema informático donde la interfaz de usuario se visualiza usando una pantalla de ordenador que muestra los diferentes componentes de la interfaz de usuario, tales como campos de entrada de datos y pulsadores virtuales configurados para realizar uno o más pasos de un método según una realización de la invención. Medios de entrada de datos tales como un ratón de ordenador y un teclado de ordenador se pueden conectar al sistema informático y usar para introducir datos en la interfaz del usuario y para hacer selecciones, por ejemplo, presionando dichos pulsadores virtuales usando el ratón de ordenador.

45 En algunas realizaciones, la interfaz de usuario está configurada para permitir que un operador lleve a cabo un método según una realización de la invención. Preferiblemente, al menos uno de los pasos de obtención de una representación digital 3D de la encía del paciente, obtención de modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental, y generación de una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental se puede realizar por el operador usando dicha interfaz de usuario. En algunas realizaciones, los pasos del método se realizan secuencialmente y la interfaz de usuario se puede configurar para proporcionar secuencialmente una representación visual de los pasos al operador de manera que la secuencia de la interfaz de usuario coincida con la del método. En algunas realizaciones, la interfaz de usuario está configurada para proporcionar simultáneamente una representación visual de dos o más de los pasos al operador.

Breve descripción de los dibujos

Los objetos, características y ventajas anteriores y/o adicionales de la presente invención, se dilucidarán además mediante la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitante de realizaciones de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

- 5 La Figura 1 muestra un diagrama de flujo de una realización de la invención.
- Las Figuras 2 a 5 muestran algunos pasos en el modelado del diseño digital de una prótesis dental.
- La Figura 6 muestra cómo se puede aplicar la imitación en el modelado de la prótesis dental.
- La Figura 7 muestra una representación digital 3D obtenida de la encía para una mandíbula superior (maxilar) desdentada.
- 10 Las Figuras 8 y 9 ilustran el uso de representaciones digitales 3D de los cercos de cera cuando se disponen los modelos dentales virtuales.
- La Figura 10 ilustra cómo se puede definir una estría gingival 3D.
- La Figura 11 muestra una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental.
- La Figura 12 muestra cómo se puede añadir una estructura de ruga virtual a la prótesis dental modelada.
- 15 La Figura 13 ilustra cómo se puede modificar la encía interproximal.
- La Fig. 14 muestra un ejemplo de ajuste de dientes en la placa oclusal.
- La Fig. 15 muestra un ejemplo de suministro de una placa oclusal.
- La Fig. 16 muestra un ejemplo de suministro de un número de puntos característicos en la representación digital 3D de la mandíbula inferior y la mandíbula superior, donde los puntos característicos determinan la colocación de los modelos dentales en la mandíbula o las mandíbulas.
- 20 La Fig. 17 muestra un ejemplo de generación del límite o borde para la parte de mandíbula superior de una prótesis dental.
- La Fig. 18 muestra un ejemplo de generación del límite o borde para la parte de mandíbula inferior de una prótesis dental.
- 25 La Fig. 19 muestra un ejemplo de una disposición inicial virtual de los dientes de prótesis dental virtual.
- La Fig. 20 muestra ejemplos de las herramientas de software disponibles para diseñar y ajustar digitalmente el diseño de la prótesis dental.
- La Fig. 21 muestra ejemplos de generación de la encía virtual de la prótesis dental.
- La Fig. 22 muestra ejemplos de inspección del diseño digital de la prótesis dental.
- 30 La Fig. 23 muestra un ejemplo de características de diseño en la parte gingival de la prótesis dental.
- La Fig. 24 muestra un ejemplo de un diseño final de una prótesis dental.
- La Fig. 25 muestra ejemplos de placas oclusales virtuales.
- La Fig. 26 muestra ejemplos esquemáticos de diseño de la superficie gingival externa virtual.
- La Fig. 27 muestra ejemplos esquemáticos de diseño de la parte de la prótesis dental para la mandíbula superior.
- 35 La Fig. 28 muestra un esquema de un sistema según una realización de la presente invención.

Descripción detallada

En la siguiente descripción, se hace referencia a las figuras adjuntas, que muestran a modo de ilustración cómo se puede poner en práctica la invención.

- 40 La representación digital 3D de las encías del paciente se puede obtener escaneando directamente las encías del paciente usando un escáner intraoral o escaneando una impresión o un modelo físico de las encías. El escáner intraoral se puede configurar para utilizar el escaneo de enfoque, donde la representación digital 3D de los dientes escaneados se reconstruye a partir de imágenes enfocadas adquiridas a diferentes profundidades de enfoque, tal como el escáner intraoral TRIOS de 3Shape TRIOS A/S. La técnica de escaneo de enfoque se puede realizar

generando una luz de sonda y transmitiendo esta luz de sonda hacia el conjunto de dientes de manera que se ilumine al menos una parte del conjunto de dientes. La luz que vuelve del conjunto de dientes se transmite hacia una cámara y se ve en un sensor de imagen en la cámara por medio de un sistema óptico, donde el sensor de imagen/cámara comprende una agrupación de elementos sensores. La posición del plano de enfoque en/en relación con el conjunto de dientes se varía por medio de la óptica de enfoque mientras que las imágenes se obtienen de/por medio de dicha agrupación de elementos sensores. En base a las imágenes, la posición o las posiciones enfocadas de cada uno de una pluralidad de elementos sensores o cada uno de una pluralidad de grupos de los elementos sensores se pueden determinar para una secuencia de posiciones del plano de enfoque. La posición enfocada se puede calcular, por ejemplo, determinando la amplitud de oscilación de la luz para cada uno de una pluralidad de los elementos sensores o cada uno de una pluralidad de grupos de los elementos sensores para una gama de planos de enfoque. Desde las posiciones enfocadas, se puede derivar la representación digital 3D del conjunto de dientes.

También se puede escanear una impresión o un modelo físico de las encías del paciente usando, por ejemplo, un escáner de sobremesa basado, por ejemplo, en el esquema de triangulación. Un escáner láser 3D de triangulación usa luz láser para sondear el entorno u objeto. Un láser de triangulación hace brillar un láser sobre el objeto y explota una cámara para buscar la ubicación del punto láser. Dependiendo de cuán lejos el láser toque una superficie, el punto láser aparece en diferentes lugares en el campo de visión de la cámara. Esta técnica se llama triangulación debido a que el punto láser, la cámara y el emisor láser forman un triángulo. Una raya láser, en lugar de un único punto láser, se puede usar y entonces se barre a través del objeto para acelerar el proceso de adquisición.

Los escáneres 3D de luz estructurada proyectan un patrón de luz sobre el objeto y observan la deformación del patrón en el objeto. El patrón puede ser unidimensional o bidimensional. Un ejemplo de un patrón unidimensional es una línea. La línea se proyecta en el objeto usando, por ejemplo, un proyector LCD o un láser de barrido. Una cámara, ligeramente desplazada del proyector de patrones, observa la forma de la línea y usa una técnica similar a la triangulación para calcular la distancia de cada punto en la línea. En el caso de un patrón de línea única, la línea se barre a través del campo de visión para recopilar información de distancia en una tira a la vez. Un ejemplo de un patrón bidimensional es una cuadrícula o un patrón de raya de línea. Se usa una cámara para observar la deformación del patrón, y se usa un algoritmo para calcular la distancia en cada punto en el patrón. Se pueden usar algoritmos para triangulación láser de múltiples rayas.

Punto Más Cercano Iterativo (ICP) es un algoritmo empleado para minimizar la diferencia entre dos nubes de puntos. ICP se puede usar para reconstruir superficies 2D o 3D de diferentes escaneos o subescaneos. El algoritmo es conceptualmente simple y se usa comúnmente en tiempo real. Revisa iterativamente la transformación, es decir, la traslación y la rotación, necesaria para minimizar la distancia entre los puntos de dos escaneos o subescaneos en bruto. Las entradas son: puntos de dos escaneos o subescaneos en bruto, estimación inicial de la transformación, criterios para detener la iteración. La salida es: transformación refinada. Esencialmente, los pasos del algoritmo son:

1. Asociar puntos por el criterio del vecino más cercano.
2. Estimar parámetros de transformación usando una función de coste cuadrático medio.
3. Transformar los puntos usando los parámetros estimados.
4. Iterar, es decir, volver a asociar los puntos y así sucesivamente.

Una representación digital 3D de un objeto puede ser una representación matemática de la superficie 3D del objeto derivado de datos de escaneo usando software especializado. El producto a menudo se llama modelo 3D. Un modelo 3D representa el objeto 3D usando una colección de puntos en un espacio 3D, conectados por varias entidades geométricas tales como triángulos, líneas, superficies curvas, etc. El propósito de un escáner 3D es usualmente crear una nube de puntos de muestras geométricas en la superficie del objeto.

El modelado 3D es el proceso de desarrollo de una representación matemática, de estructura metálica de cualquier objeto tridimensional, llamado modelo 3D, a través de un software especializado. Los modelos se pueden crear automáticamente, por ejemplo, se pueden crear modelos 3D usando múltiples planteamientos: uso de curvas NURBS para generar parches superficiales precisos y uniformes, modelado de malla poligonal que es una manipulación de geometría por facetas, o subdivisión de malla poligonal que es un mosaico avanzado de polígonos, dando como resultado superficies lisas similares a los modelos NURBS.

Algunos escáneres 3D recopilan información de distancia acerca de superficies dentro de su campo de visión. La "imagen" producida por un escáner 3D describe la distancia a una superficie en cada punto de la imagen. Para la mayoría de situaciones, un único escáner o subescáner no producirá un modelo completo del objeto. Múltiples subescáneres, tales como 5, 10, 12, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 o en algunos casos incluso cientos, desde muchas direcciones diferentes se pueden requerir para obtener información acerca de todos los lados del objeto. Estos subescaneos se traen a un sistema de referencia común, un proceso que se puede llamar alineación o registro, y entonces se fusionan para crear un modelo completo.

La Figura 1 muestra diagramas de flujo de realizaciones de la invención, con la Figura 1a-1c que ilustra algunos pasos iniciales y la Figura 1d que muestra algunos pasos posteriores. La línea de puntos vertical en el centro de la página divide el diagrama de flujo en una parte relacionada con las unidades físicas y una parte relacionada con las unidades virtuales.

5 En el paso 101, se obtiene una representación digital 3D de las encías del paciente, por ejemplo, escaneando las encías del paciente usando un escáner intraoral y convirtiendo los datos obtenidos por el escáner a un modelo 3D de las encías. La representación digital 3D de las encías del paciente comprende al menos la cresta alveolar en la que se pretende que se coloque la prótesis dental. En caso de que el paciente tenga algún diente que ha de ser conservado, éstos preferiblemente también deberían ser parte de la representación digital 3D.

10 En el paso 105, los modelos dentales virtuales y la representación digital 3D de las encías del paciente se combinan, por ejemplo, superponiendo los modelos dentales virtuales en la representación digital 3D de las encías del paciente, de manera que los modelos dentales virtuales estén dispuestos en relación con la representación digital 3D de las encías del paciente. Los dientes de la prótesis dental pueden ser dientes prefabricados tales como los dientes Vita T3M y los modelos dentales virtuales correspondientes se almacenan en una unidad de memoria de un sistema informático en el que se implementa el método.

15 La disposición de los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de las encías del paciente y la disposición de los modelos dentales virtuales unos con respecto a otros se pueden modificar para obtener una apariencia estética y una correcta oclusión de los dientes en la prótesis dental fabricada más tarde. La modificación se puede realizar de forma manual o automática usando algoritmos implementados por ordenador basados, por ejemplo, en una articulación dinámica virtual y/o una visualización de los modelos dentales virtuales junto con una imagen de la cara del paciente.

20 El método puede utilizar la correlación de colisiones en relación con el antagonista cuando se evalúa el diseño de una prótesis dental. Puede ser una ventaja que se pueda proporcionar la correlación de colisiones con el antagonista, debido a que por este medio es fácil y rápido para el usuario verificar si hay suficiente espacio realmente para la prótesis dental diseñada y sus dientes en la boca del paciente. La detección de colisión puede examinar la disposición espacial de los modelos dentales virtuales, tal como la posición, dirección, rotación, altura, etc. de los dientes unos con respecto a otros.

25 En la Figura 1b se ilustra un paso adicional en comparación con la Figura 1a. Los cercos de cera se forman para la mandíbula superior (maxilar) y la mandíbula inferior (mandibular) y en el paso 102 se obtiene una representación digital 3D del cerco de cera. La representación digital 3D del cerco de cera se combina con la representación digital 3D de las encías del paciente en el paso 103 para proporcionar el modelo combinado de cerco de encía-cera.

Los modelos dentales virtuales se disponen entonces en relación con el modelo combinado de cerco de encía-cera y se puede determinar la disposición final de los modelos dentales virtuales.

35 La combinación de la representación digital 3D del cerco de cera, la representación digital 3D de las encías del paciente y los modelos dentales virtuales también puede ser de manera que los modelos dentales virtuales están dispuestos en relación con la representación digital 3D del cerco de cera y la representación digital 3D de las encías del paciente se añade posteriormente, o de manera que los modelos dentales virtuales están dispuestos en relación con la representación digital 3D de las encías y la representación digital 3D del cerco de cera del paciente se añade posteriormente.

40 En la Figura 1c, se escanea 104 una pila con modelos físicos de la mandíbula y del maxilar del paciente y los correspondientes cercos de cera inferior y superior dispuestos según su posición relativa en oclusión, de manera que se obtiene una representación digital 3D de esta pila.

45 En el paso 101, se obtienen representaciones digitales 3D de ambas de las encías del paciente, por ejemplo, escaneando las encías del paciente usando un escáner intraoral. Las representaciones digitales 3D de las encías del paciente comprenden al menos la cresta alveolar en la que se pretende que sean colocadas las prótesis dentales.

Las representaciones digitales 3D de las encías mandibular y maxilar del paciente y la representación digital 3D de la pila entonces se alinean 103, de manera que se genera un modelo combinado de cerco de encía-cera.

50 En el modelo combinado, la parte correspondiente a las encías mandibular y maxilar del paciente en la representación digital 3D de la pila se puede sustraer de manera que en una visualización del modelo combinado, se pueden ver juntas las representaciones digitales 3D de las encías mandibular y maxilar del paciente con las partes de cerco de cera de la representación digital 3D de la pila.

La pila se puede escanear antes o después de los modelos de encía.

55 En el paso 105, los modelos dentales virtuales están dispuestos en relación con el modelo combinado de cerco de encía-cera, por ejemplo, superponiendo los modelos dentales virtuales en el modelo combinado de cerco de encía-

cera y su disposición se optimiza 106 para proporcionar una disposición final del modelo dental virtual en relación con el modelo combinado.

La Figura 1d muestra algunos pasos posteriores, es decir, después de que se determina la disposición final de los modelos dentales virtuales.

- 5 En el paso 107, se define una estría gingival 3D usando, por ejemplo, una herramienta de puntero, tal como un ratón, para identificar la forma de la estría gingival 3D y su posición en relación con la representación digital 3D de las encías.

- 10 En el paso 108, se define una línea de encía-diente en los modelos dentales virtuales. Esta línea marca dónde en los dientes de la prótesis dental la parte gingival de la prótesis dental fabricada entrará en contacto con los dientes de la prótesis dental de la prótesis dental.

- 15 En el paso 109, se genera virtualmente la superficie externa de la parte gingival de la prótesis dental. Esto se puede hacer compensando una superficie correspondiente de la representación digital 3D de las encías del paciente y/o mediante un proceso de deslizamiento que conecta, por ejemplo, una superficie de encías desplazada y una línea de encía-diente en los modelos dentales virtuales. La superficie externa se puede generar de manera que la apariencia natural de una encía se imita por la parte gingival de la prótesis dental. Esto se puede lograr añadiendo una encía marginal virtual y/o ruga virtual a la superficie gingival externa virtual de manera que se obtenga una superficie externa anatómica correcta (paso 110).

- 20 En el paso 111, se proporciona un modelo virtual completo de la parte gingival de la prótesis dental, por ejemplo, formando una superficie de enfrentamiento gingival de la parte gingival de la prótesis dental. Éste se puede formar como un desplazamiento de la representación digital 3D de la encía o las encías del paciente.

La parte gingival de la prótesis dental entonces se puede fabricar en el paso 112 usando un equipo CAM operado para fabricar el modelo virtual generado de la parte gingival de la prótesis dental.

- 25 Las Figuras 2 a 5 muestran algunos pasos en el modelado del diseño digital de una prótesis dental. Las figuras muestran representaciones de sección transversal de los modelos dentales virtuales y la representación digital 3D de las encías del paciente en una posición a lo largo de la cresta alveolar de las encías del paciente.

- 30 En la Figura 2a, un modelo virtual inicial de un diente 218 está dispuesto en relación con la cresta alveolar 221 de una representación digital 3D de la encía del paciente según una disposición final, es decir, donde se ha modificado/evaluado la oclusión y la estética de los dientes de la prótesis dental. Se indica una línea de desplazamiento 219 configurada para marcar el límite inferior de los dientes de la prótesis dental en relación con la parte gingival de la prótesis dental. Esta línea de desplazamiento define una sección del modelo de diente virtual que ha de ser cortado con el fin de evitar colisiones con las encías del paciente y para hacer espacio para el material gingival entre las encías y los dientes de la prótesis dental.

- 35 Cuando el modelo de diente virtual inicial 218 se corta en la línea de desplazamiento 219, se conforma según el modelo de diente virtual 220 visto en la Figura 2b. En varias de las siguientes figuras, el paso de corte del modelo de diente virtual a la línea de desplazamiento también se podría realizar después de que se hizo el diseño de la parte gingival de la prótesis dental.

En la figura, también están indicadas la parte de surco 222 y la parte de paleta 223 de la encía del paciente.

- 40 En la Figura 3, una línea de encía-diente 224 está indicada en el modelo dental virtual y la estría gingival 3D 225 está definida en la parte de surco. La estría gingival 3D 225 se puede definir automáticamente usando algoritmos implementados por ordenador configurados para identificar el surco o por las entradas proporcionadas por el usuario usando, por ejemplo, un ratón de ordenador.

- 45 En la Figura 4, una superficie de desplazamiento 226 se define desplazando la representación digital 3D de las encías del paciente sobre la paleta y el alveolar a la estría gingival 3D 225, de manera que la estría gingival 3D define el límite de la prótesis dental. Se añade una encía marginal virtual 227 para mejorar la apariencia estética de la prótesis dental. La superficie gingival externa virtual se puede formar por interpolación, tal como por transición basada en estría e interpolación de la superficie.

Aquí el desplazamiento de la superficie es uniforme, pero también puede ser no uniforme con un desplazamiento mayor en la cresta alveolar en comparación con el desplazamiento en la estría gingival 3D, de manera que la parte gingival es más gruesa en la parte dental que en el límite.

- 50 El desplazamiento en la cresta alveolar puede ser de manera que la prótesis dental alcance la posición donde han de ser colocados los dientes de la prótesis dental. El modelo virtual de la parte gingival de la prótesis dental entonces se puede formar mediante un proceso de sustracción booleano.

En la Figura 5, está formada la superficie gingival externa virtual 228 de la parte gingival de la prótesis dental así como la superficie enfrentada gingival 229, de manera que la parte gingival de la prótesis dental se puede fabricar

usando técnicas CAM basadas en este modelo virtual. La superficie enfrentada gingival de la prótesis dental se puede definir como un desplazamiento de la representación digital 3D de la encía del paciente de manera que se configure automáticamente para seguir la forma de las encías del paciente.

5 La Fig. 6 muestra un ejemplo de imitación en relación con un conjunto de modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental de una prótesis dental maxilar.

El conjunto de dientes 660 se puede seleccionar a partir de una librería electrónica que contiene un número de conjunto de dientes diferente, o el operador puede diseñar el conjunto de dientes él mismo definiendo uno o más parámetros para los dientes. Los modelos dentales virtuales en el conjunto de dientes se pueden seleccionar en base a un número de parámetros, tales como el tamaño, la forma, etc.

10 Se muestra la línea mediana del paciente 661 y se muestra una línea 662 perpendicular a la línea mediana. La función de la línea 662 es para una dirección visual mejorada para el usuario. De esta manera, se define un sistema de coordenadas global para el conjunto de dientes compuesto completo, por lo que la rotación, el posicionamiento, etc. se pueden controlar para el conjunto de dientes compuesto completo. Cuando se modela una prótesis dental completa, por ejemplo, una prótesis dental maxilar completa, se puede determinar la disposición del modelo dental virtual, por ejemplo, en el lado izquierdo y la disposición de los modelos dentales virtuales entonces se refleja en el lado derecho de la prótesis dental.

Los dientes individuales en el conjunto de dientes 660 también se pueden modificar individualmente. Un diente se puede girar, por ejemplo, en relación con la línea mediana del paciente. El recuadro 663 alrededor del primer diente molar indica que se puede definir un sistema de coordenadas para cada diente, por lo que se puede controlar la rotación, la colocación, etc. para cada diente individual. En una implementación informática de la invención, un sistema de coordenadas específico para el diente se puede mostrar en el diente indicando al usuario que el programa está en el modo, donde el diente individual se puede modificar con respecto a la colocación, por ejemplo, rotación, traslación, etc. Los dientes de la prótesis dental también se pueden modificar, por ejemplo, con respecto a la forma, por ejemplo, la longitud, el espesor, la distribución de la masa, etc. Los dientes de la prótesis dental pueden ser dientes predeterminados donde el tamaño se puede reducir, por ejemplo, devastando.

Las Figuras 7-13 muestran capturas de pantalla de una realización de la invención implementada por ordenador.

La Figura 7 muestra una representación digital 3D obtenida de la encía para una mandíbula superior (maxilar) desdentada. La representación digital 3D se puede obtener escaneando directamente la encía del paciente usando un escáner intraoral tal como el escáner intraoral TRIOS de 3Shape. En la representación digital 3D se ven la cresta alveolar 721, el surco 722 y la paleta 723 de la encía del paciente.

Las Figuras 8 y 9 ilustran el uso de representaciones digitales 3D de los cercos de cera cuando se disponen los modelos dentales virtuales.

La disposición de los modelos dentales virtuales puede implicar la formación de un cerco de cera superior para la mandíbula superior (el arco maxilar) del paciente y un cerco de cera inferior para la mandíbula inferior (el arco mandibular) del paciente. Los cercos de cera están formados de manera que su interfaz cuando está dispuesta en la boca del paciente está alineada con el plano oclusal del paciente.

En algunas realizaciones, se usan tres escaneos diferentes cuando se genera el modelo combinado de cerco de encía-cera 814.

40 Dos de estos escaneos son del maxilar y de la mandíbula del paciente de manera que se obtienen representaciones digitales 3D de éstos. El tercer escaneo es de la pila con modelos físicos de las encías y los cercos de cera dispuestos según la oclusión del paciente.

En el modelo combinado de cerco de encía-cera, la parte correspondiente al maxilar y la mandíbula del paciente en la representación digital 3D de la pila se puede sustraer de manera que en una visualización del modelo combinado de cerco de encía-cera 814, las representaciones digitales 3D de la mandíbula 828 y maxilar 825 del paciente se pueden ver junto con las partes de cerco de cera 824, 827 de la representación digital 3D de la pila.

En algunas realizaciones, los cercos de cera superior e inferior se escanean en 3D usando, por ejemplo, un escáner de sobremesa. La representación digital 3D obtenida del cerco de cera superior 824 está dispuesta virtualmente en relación con la representación digital 3D del maxilar 825 generando por ello un modelo combinado de cerco de encía-cera superior 826 como se ilustra en la Figura 8. La representación digital 3D obtenida del cerco de cera inferior 827 está dispuesta en relación con la representación digital 3D de la mandíbula 828, generando por ello un modelo combinado de cerco de encía-cera inferior 829.

La disposición relativa de la encía del arco maxilar y el plano oclusal se puede derivar en base a la representación digital 3D del cerco de cera inferior.

El borde incisal de los dientes anteriores en la mandíbula se sitúa a partir del modelo combinado de borde de encía-cera inferior 829, y se puede determinar el plano oclusal de la prótesis dental.

5 Para pacientes donde los dientes anteriores maxilares se extienden debajo del borde incisal de los dientes anteriores mandibulares, se puede definir una línea virtual que representa el borde incisal de los dientes anteriores en el maxilar en relación con la representación digital 3D del cerco de cera inferior 827. Esta línea también se podría definir en el modelo físico de cerco de cera e identificar en el escaneo usando técnicas de reconocimiento de textura.

El plano oclusal se puede derivar puramente matemáticamente a partir del modelo combinado de cerco de encía-cera.

10 El modelo combinado de cerco de encía-cera también se puede visualizar junto con los modelos dentales virtuales para ayudar a la disposición de éstos, por ejemplo, indicando a un operador dónde está situado el plano oclusal. En base a esta visualización, la posición y orientación de los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de las encías del paciente se pueden ajustar manualmente por un operador y/o automáticamente utilizando algoritmos implementados por ordenador.

15 Una captura de pantalla de tal visualización se ve en la Figura 9, donde los modelos dentales virtuales 930 para los dientes de la prótesis dental de una prótesis dental maxilar para la mandíbula superior del paciente están dispuestos virtualmente en relación con la representación digital 3D del cerco de cera superior 924 y la representación digital 3D de las encías del arco maxilar 925. Las representaciones digitales 3D de los cercos de cera superior 924 e inferior 927 son ligeramente transparentes de manera que los modelos dentales virtuales 930 se pueden ver a través de la representación digital 3D del cerco de cera superior 924. También se ve la representación digital 3D de las encías del arco mandibular 928.

20 Cuando el cerco de cera superior está configurado para tener una superficie labial que está conformada según los labios del paciente, los modelos dentales virtuales se pueden disponer en la superficie correspondiente de la representación digital 3D del cerco de cera superior, es decir, de manera que la superficie labial de los modelos dentales virtuales de los dientes anteriores maxilares de la prótesis dental estén alineados con la superficie labial del cerco de cera superior.

25 Los modelos dentales virtuales para una prótesis dental mandibular se pueden disponer para tener superficies oclusales que están dispuestas según el plano oclusal determinado en base a los cercos de cera.

30 Los modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de prótesis dental de la prótesis dental están dispuestos preferiblemente de manera espacial unos con respecto a otros formando una composición anatómicamente correcta de alta calidad estética.

Cuando se ha identificado una disposición final de los modelos dentales virtuales, el siguiente paso es determinar la parte gingival de la prótesis dental.

35 En la figura 10 se ilustra cómo se define una estría gingival 3D 1032 de manera que rodea los modelos dentales virtuales 1030. La estría gingival 3D 1032 sigue el surco de la encía y la línea ah del paciente. La estría gingival 3D 1032 se puede determinar automáticamente usando algoritmos implementados por ordenador configurados para identificar la parte inferior/superior del surco o mediante puntos de control definidos por el usuario 1033 a lo largo de los cuales se define la estría gingival 3D. Aquí la estría gingival 3D se define para proporcionar que la prótesis dental no contacte con el frenillo sensible 1034.

40 La Figura 11 muestra una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental. La estría gingival 3D está conectada a los modelos dentales virtuales 1130 de manera que se genera una superficie gingival externa o superficie externa 1136 de la parte gingival de la prótesis dental con un límite o borde gingival 1137 en el surco del paciente. Se puede obtener automáticamente una apariencia anatómicamente correcta de la parte gingival, por ejemplo, copiando la forma de las superficies correspondientes en la boca del paciente o manualmente por el operador usando herramientas de modificación implementadas por ordenador. Las herramientas de modificación se pueden configurar para añadir o eliminar virtualmente material en la parte gingival de la prótesis dental. La parte gingival aquí cubre tanto la cresta alveolar como la paleta del paciente 1138. En la Figura 11, se ha añadido alguna estructura 1146 a la parte gingival en las líneas de encía-diente.

La Figura 12 muestra cómo se puede añadir una estructura de ruga virtual a la prótesis dental modelada.

50 En la Figura 12, la ruga del paciente 1240 y la papila incisal 1241 se definen usando un cuchillo de cera virtual (marcado con un círculo 1242 en la captura de pantalla) que se proporciona en el DentalDesigner de 3Shape.

Alternativa y/o adicionalmente, la cresta alveolar capturada y/o la paleta del paciente obtenida mediante la representación digital 3D se usan en el diseño de la prótesis dental.

La Figura 13 ilustra cómo se puede modificar la encía interproximal.

En la Figura 13, la encía interproximal se modifica usando un cuchillo de cera virtual 1344 (marcado con el círculo 1344 en la captura de pantalla), que se puede realizar, por ejemplo, en el DentalDesigner de 3Shape.

5 En partes de la encía de una persona que cubren el extremo de la raíz de los dientes, los extremos de la raíz normalmente conforman la encía. En la presente figura, la parte gingival de la prótesis dental ya se ha conformado según la forma del extremo de la raíz de los dientes 1330 añadiendo salientes de raíz virtuales o salientes cervicales 1345 a las secciones correspondientes y se ha añadido una encía marginal 1346.

Esto se puede hacer o bien automáticamente proporcionando un desplazamiento a la superficie externa en base al conocimiento de la forma cervical de los dientes 1330 o bien manualmente usando una herramienta de modificación virtual tal como el cuchillo de cera virtual.

10 La Fig. 14 muestra un ejemplo de ajuste de dientes en la placa oclusal.

La Fig. 14 muestra esquemáticamente el contorno de la placa oclusal virtual 1447 con los dientes de prótesis dental o modelos dentales virtuales 1430 ajustados al cerco de la placa oclusal.

15 Virtualmente ajustado significa fijo, unido, sostenido, sujetado, mantenido en contacto virtual con la placa oclusal, etc. De esta manera, aunque el operador ajusta la posición, orientación y/o forma de los modelos dentales virtuales, los modelos dentales permanecen en la oclusión dada por la placa oclusal debido al ajuste.

Las Fig. 15-24 muestran un ejemplo de un flujo de trabajo para diseñar digitalmente una prótesis dental. Se entiende que los diferentes pasos del proceso se pueden realizar en un orden diferente al mostrado aquí, y que los diferentes pasos se pueden dejar fuera del proceso o ser parte de un proceso diferente.

La Fig. 15 muestra un ejemplo de suministro de la placa oclusal.

20 La Fig. 15a) muestra un ejemplo de colocación de un número de puntos oclusales en el cerco de cera que define la placa oclusal.

El cerco de cera comprende el cerco de cera superior 1524 y el cerco de cera inferior 1527. En la figura se pueden ver dos puntos oclusales 1548, 1549 dispuestos en el cerco de cera, no obstante, se dispondrán típicamente tres puntos oclusales, de modo que en este caso, el tercer punto no se puede ver.

25 La Fig. 15b) muestra un ejemplo donde se muestra la placa oclusal.

La placa oclusal 1550 se determina o deriva en base a los puntos oclusales 1548, 1549.

La línea denominada "dirección oclusal" 1551 y las otras flechas en la figura indican un articulador virtual usado para configurar, probar y verificar la oclusión.

30 De esta manera, la placa oclusal se puede configurar manual o automáticamente, y la placa oclusal se puede ajustar manualmente si se configuró automáticamente.

35 La Fig. 16 muestra un ejemplo de suministro de un número de puntos característicos en la representación digital 3D de la mandíbula inferior y la mandíbula superior, donde los puntos característicos determinan la colocación de los modelos dentales en la mandíbula o las mandíbulas. Los puntos característicos se pueden indicar en los cercos de cera 1624, 1627 por el dentista en forma de líneas marcadas en el cerco de cera que indican la línea media, que proporcionará los puntos de cresta central, y/o que indican las líneas caninas que proporcionarán los puntos caninos. En el cerco de cera, la línea de la sonrisa también se puede marcar por el dentista indicando la altura de los dientes anteriores.

40 Alternativa y/o adicionalmente, el operador puede colocar virtualmente los puntos característicos en la representación digital 3D, o los puntos característicos se pueden colocar automáticamente. Los puntos característicos también se pueden colocar automáticamente primero y luego el operador puede ajustarlos después. Los puntos característicos se pueden colocar en base a ciertas reglas de colocación. En la Fig. 16 los puntos característicos en la mandíbula inferior son la almohadilla retromolar #1 1652, la almohadilla retromolar #2 1653, el primer punto canino 1654, el segundo punto canino 1655 y el punto de cresta central 1656.

45 Los puntos característicos en la mandíbula superior en la fig. 16 son la tuberosidad #1 1657, la tuberosidad #2 1658, el primer punto canino 1659, el segundo punto canino 1660 y el punto de cresta central 1661.

La Fig. 17 muestra un ejemplo de generación del límite o borde para la parte de mandíbula superior de una prótesis dental.

50 La Fig. 17a) muestra un ejemplo donde el usuario u operador ha marcado virtualmente el contorno o la estría gingival 3D 1732 de la prótesis dental en la representación digital 3D o la representación digital 3D de la mandíbula superior 1725. El contorno o la estría gingival 3D 1732 se puede generar por medio de puntos de control definidos por el usuario 1733 colocados virtualmente en la representación digital 3D de la mandíbula superior o por el

operador dibujando una línea virtual. El contorno o la estría gingival 3D 1732 también se podría generar automáticamente por medio de herramientas de software.

5 La Fig. 17b) muestra un ejemplo donde la prótesis dental 1764 se muestra virtualmente en la representación digital 3D de la mandíbula superior 1725. Se ven los puntos de control 1733 para la generación del límite o borde gingival 1737. Los puntos de control se pueden ajustar por el operador.

La Fig. 18 muestra un ejemplo de generación del límite o borde para la parte de mandíbula inferior de una prótesis dental.

10 La Fig. 18a) muestra un ejemplo donde el usuario u operador ha marcado virtualmente el contorno o estría gingival 3D 1732 de la prótesis dental en la representación digital 3D o representación digital 3D de la mandíbula inferior 1728. El contorno o estría gingival 3D 1732 se puede generar por medio de puntos de control definidos por el usuario 1733 colocados virtualmente en la representación digital 3D de la mandíbula inferior o por el operador que dibuja una línea virtual. El contorno o estría gingival 3D 1732 también se podría generar automáticamente por medio de herramientas de software.

15 La Fig. 18b) muestra un ejemplo donde la prótesis dental 1764 se muestra virtualmente en la representación digital 3D de la mandíbula inferior 1728. Se ven los puntos de control 1733 para la generación del límite o borde gingival 1737. Los puntos de control se pueden ajustar por el operador.

La Fig. 19 muestra un ejemplo de una disposición inicial virtual de los dientes de prótesis dental virtual 1930 en relación con las representaciones virtuales 3D de las mandíbulas 1925, 1928, y los cercos de cera 1924, 1927, y el plano oclusal 1950.

20 Los modelos dentales se pueden colocar automáticamente inicialmente y el operador entonces puede ajustar después las posiciones relativas. Los modelos dentales que se muestran en la fig. 19 tal vez no estén dispuestos en oclusión, alineados o dispuestos correctos unos con respecto a otros, por ejemplo, si el hueco interproximal entre los centrales inferiores es demasiado grande. El operador se asegurará de ajustar esto en pasos posteriores, o bien automáticamente o bien manualmente.

25 La Fig. 20 muestra ejemplos de las herramientas de software disponibles para diseñar y ajustar digitalmente el diseño de la prótesis dental.

30 La Fig. 20a) muestra un ejemplo de transformación de arco. Si las áreas predefinidas 2065 para los dientes en la placa oclusal 2050 no encajan en el arco de la representación digital 3D de la encía 2028 y/o la representación digital 3D del cerco de cera 2027 y/o las posiciones iniciales de los modelos dentales virtuales 2030, entonces el arco de los dientes 2065 indicados en la placa oclusal 2050 se pueden ajustar para encajar en la representación digital 3D de la encía 2028 y/o la representación digital 3D del cerco de cera 2027 y los modelos dentales virtuales 2030, o el arco de los modelos dentales virtuales 2030 se puede ajustar para encajar en el arco de los dientes en la placa oclusal 2050 y/o la representación digital 3D de la encía 2028 y/o la representación digital 3D del cerco de cera 2027.

35 La Fig. 20b) muestra un ejemplo de referencia de cerco de cera.

La Fig. 20c) muestra un ejemplo de transformación individual.

La Fig. 21 muestra ejemplos de generación de la encía virtual de la prótesis dental.

40 La Fig. 21a) muestra un ejemplo de la encía generada para la parte superior de la prótesis dental. La superficie gingival externa virtual 2166 se puede generar conectando las líneas de encía-diente de los modelos dentales 2130 con el borde gingival generado, véanse las fig. 17. Además, los ajustes del material, tales como el espesor de la base y el relieve, también se pueden usar en la generación de la superficie gingival externa virtual 2166.

La Fig. 21b) muestra un ejemplo de la encía generada para la parte inferior de la prótesis dental. La superficie gingival externa virtual 2166 se puede generar conectando las líneas de encía-diente de los modelos dentales 2130 con el borde gingival generado, véanse las fig. 17.

45 Además, los ajustes del material, tales como el espesor de la base y el relieve, también se pueden usar en la generación de las superficies gingivales externas virtuales 2166 para la parte inferior y superior de la prótesis dental.

La Fig. 22 muestra ejemplos de inspección del diseño digital de la prótesis dental.

50 El diseño de la prótesis dental se puede ver desde diferentes puntos de vista, tales como desde el frente, véase la fig. 22a) y desde la parte posterior, véase la fig. 22b). Una sección transversal 2D del diseño de la prótesis dental se puede hacer en cualquier parte de la prótesis dental. Los insertos en las esquinas inferiores derechas de la fig. 22a) y 22b) muestran una vista en sección transversal 2D de la encía, la parte gingival y los modelos dentales virtuales de la prótesis dental como se ve en un plano que es paralelo al plano sagital del paciente. En la vista de sección

transversal 2D, el operador puede ver, por ejemplo, cuán lejos en la encía 2066 alcanzan los dientes del modelo 2030.

La Fig. 23 muestra un ejemplo de características de diseño en la parte gingival de la prótesis dental.

La Fig. 23a) muestra el maxilar antes de diseñar las características.

- 5 La Fig. 23b) muestra el maxilar cuando se han añadido salientes de raíz virtuales o salientes cervicales 2345 en los extremos de las raíces de los dientes virtuales 2330 en la encía 2366.

La Fig. 23c) muestra la mandíbula antes de diseñar las características.

La Fig. 23b) muestra la mandíbula cuando se han añadido salientes de raíz virtuales o salientes cervicales 2345 en los extremos de las raíces de los dientes virtuales 2330 en la encía 2366.

- 10 La Fig. 24 muestra un ejemplo de un diseño final de una prótesis dental.

El diseño final de la prótesis dental 2464 comprende dientes del modelo virtual 2430 en la mandíbula superior e inferior, y la encía virtual 2466 que comprende salientes de raíz virtuales o salientes cervicales 2445.

El diseño de la prótesis dental ahora está listo ahora para ser fabricado para producir una prótesis dental física para la boca del paciente.

- 15 La Fig. 25 muestra ejemplos de placas oclusales virtuales.

La Fig. 25a) muestra un ejemplo de una placa oclusal recta 2550 dispuesta virtualmente entre dientes virtuales superiores e inferiores 2530.

La Fig. 25b) muestra un ejemplo de una placa oclusal curvada 2550 dispuesta virtualmente entre los dientes virtuales superiores e inferiores 2530.

- 20 La Fig. 26 muestra ejemplos esquemáticos de diseño de la superficie gingival externa virtual.

La Fig. 26a) muestra un ejemplo donde la superficie gingival externa 2666 de la prótesis dental está diseñada virtualmente para ser redondeada en los bordes o límites gingivales 2637. La figura también muestra dientes del modelo virtual 2630 y la mandíbula superior o inferior 2625/2628.

- 25 La Fig. 26b) muestra un ejemplo de ajuste de la superficie gingival externa virtual 2666. El ajuste se realiza tirando de uno o más puntos de control 2667 dispuestos en la superficie gingival externa virtual 2666. La superficie gingival externa virtual 2666 se ajusta de manera que se curva hacia adentro entre las encías del paciente 2625/2628 y la línea de encía-diente 2624 en los modelos dentales 2620.

La Fig. 27 muestra ejemplos esquemáticos de diseño de la parte de la prótesis dental para la mandíbula superior.

- 30 La Fig. 27a) muestra un ejemplo de la parte superior de una prótesis dental 2764. Una mella 2768 en el centro del paladar o del área de paleta 2738 en el borde o límite gingival 2737 de la prótesis dental está diseñada virtualmente, dado que dos glándulas salivales tienen su salida en el paladar en la boca humana y la prótesis dental se debería diseñar para no cubrir estas glándulas.

- 35 La Fig. 27b) muestra un ejemplo de diseño virtual de un saliente 2769 en el borde o límite gingival 2737 del paladar o del área de paleta 2738 de la prótesis dental. La función del saliente 2769 es crear un vacío debajo del paladar o del área de paleta 2738 de la prótesis dental de la mandíbula superior, por lo que la parte superior de la prótesis dental se succionará al propio paladar del paciente 2770.

- 40 La Fig. 28 muestra un esquema de un sistema según una realización de la presente invención. El sistema 2880 comprende un dispositivo informático 2881 que comprende un medio legible por ordenador 2882 y una unidad de procesamiento de datos 2883. El sistema comprende además una unidad de visualización 2886, un teclado de ordenador 2884 y un ratón de ordenador 2885 para introducir datos y activar botones virtuales visualizados en la unidad de visualización 2886. La unidad de visualización 2886 puede ser una pantalla de ordenador. El dispositivo informático 2881 es capaz de recibir una representación digital 3D de la encía del paciente desde un dispositivo de escaneo 2887, tal como el escáner intraoral TRIOS fabricado por 3Shape A/S, o capaz de recibir datos de escaneo de tal dispositivo de escaneo y formar una representación digital 3D de la encía del paciente en base a tales datos de escaneo. La representación digital 3D recibida o formada se puede almacenar en el medio legible por ordenador 2882 y proporcionar a la unidad de procesamiento de datos 2883. La unidad de procesamiento de datos 2883 está configurada para obtener modelos dentales virtuales correspondientes a los dientes de la prótesis dental, para disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente, y para generar una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental usando el método según cualquiera de las realizaciones. En la disposición virtual de los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente y la generación de una superficie gingival externa virtual de
- 45
- 50

la parte gingival de la prótesis dental, se pueden presentar al operador una o más opciones, tales como si mover uno o más dientes uno por uno o como grupo. Otras opciones pueden referirse a valores numéricos, por ejemplo, para el espesor de la parte gingival de la prótesis dental. Las opciones se pueden presentar en una interfaz de usuario visualizada en la unidad de visualización 2886.

5 El sistema comprende una unidad 2888 para transmitir la representación digital virtual 3D o un modelo 3D formado a partir de ésta, por ejemplo, a un dispositivo de fabricación asistida por ordenador (CAM) 2889 para fabricar la restauración dental o a otro sistema informático, por ejemplo, situado en un centro de fresado donde se fabrica la restauración dental. La unidad para transmitir el modelo virtual 3D puede ser una conexión cableada o una inalámbrica.

10 El escaneo de las encías del paciente usando el dispositivo de escaneo 2887 se puede realizar en un dentista mientras que el diseño digital de la prótesis dental se realiza en un laboratorio dental. En tales casos, la representación digital 3D o un modelo 3D de la encía del paciente se puede proporcionar a través de una conexión de Internet entre el dentista y el laboratorio dental.

Aunque se han descrito y mostrado en detalle algunas realizaciones, la invención no está restringida a ellas, sino que también se puede incorporar de otras formas dentro del alcance de la materia definida en las siguientes reivindicaciones. En particular, se ha de entender que se pueden utilizar otras realizaciones y se pueden hacer modificaciones estructurales y funcionales sin apartarse del alcance de la presente invención.

15 En las reivindicaciones de dispositivo que enumeran varios medios, varios de estos medios se pueden incorporar por uno y el mismo elemento de hardware. El mero hecho de que ciertas medidas se enumeren en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes o se describan en realizaciones diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda usar con ventaja.

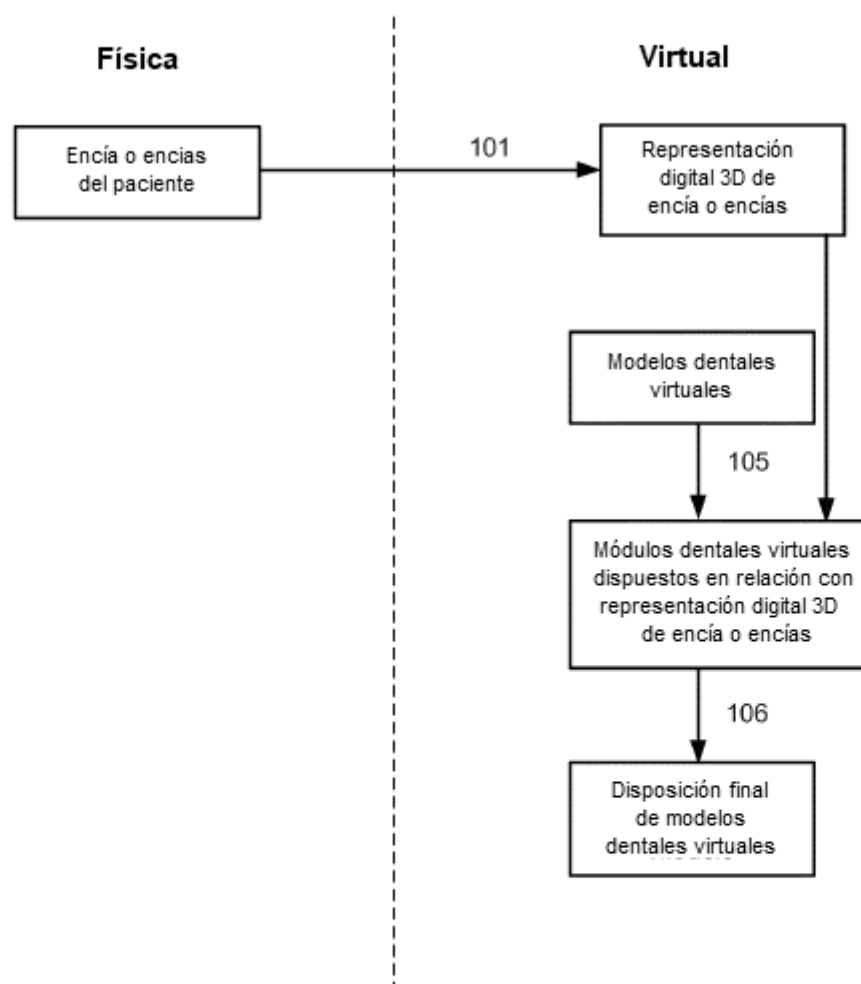
Una reivindicaciones puede referirse a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y "cualquiera" se entiende que significa "una cualquiera o más" de las reivindicaciones precedentes.

25 Se debería enfatizar que el término "comprende/que comprende" cuando se usa en esta especificación se toma para especificar la presencia de características, enteros, pasos o componentes indicados, pero no excluye la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, pasos, componentes o grupos de los mismos.

30 Las características del método descrito anteriormente y a continuación se pueden implementar en software y llevar a cabo en un sistema de procesamiento de datos u otros medios de procesamiento causados por la ejecución de instrucciones ejecutables por ordenador. Las instrucciones pueden ser medios de código de programa cargados en una memoria, tal como una RAM, desde un medio de almacenamiento o desde otro ordenador a través de una red informática. Alternativamente, las características descritas se pueden implementar mediante circuitería cableada en lugar de software o en combinación con software.

REIVINDICACIONES

1. Un método para modelar un diseño digital de una prótesis dental (1764; 2464) para un paciente, dicha prótesis dental que comprende una parte gingival y una parte dental que comprende un conjunto de dientes de prótesis dental (1330), donde el método comprende:
 - 5 - obtener una representación digital 3D de la encía del paciente (925, 928; 1925, 1928; 2028);
 - obtener modelos dentales virtuales (930; 1430; 1930) correspondientes a los dientes de la prótesis dental;
 - obtener una representación digital 3D de un cerco de cera inferior (927; 1527; 1927) y/u obtener una representación digital 3D de un cerco de cera superior (924; 1524; 1924).
 - 10 - disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente y en relación con las representaciones digitales 3D del cerco de cera superior y/o inferior;
 - generar una superficie gingival externa virtual de la parte gingival de la prótesis dental.
2. El método según la reivindicación 1, en donde el método comprende formar un cerco de cera superior para el arco maxilar del paciente y/o formar un cerco de cera inferior para el arco mandibular del paciente.
3. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende proporcionar una
15 placa oclusal virtual en relación con representaciones digitales 3D de los cercos de cera y/o la representación digital 3D de las encías del paciente, y disponer virtualmente los modelos dentales virtuales en relación con la placa oclusal virtual.
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se mantiene la oclusión del conjunto de
20 dientes para la mandíbula inferior y el conjunto de dientes para la mandíbula superior, cuando se ajusta la posición, forma y/u orientación de uno o más de los modelos dentales en el conjunto o los conjuntos.
5. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se mantiene el contacto interproximal entre modelos dentales vecinos, cuando se ajusta la posición, forma y/u orientación de uno o más de los modelos dentales en el conjunto o los conjuntos.
6. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende ajustar
25 virtualmente la posición, forma y/u orientación para un grupo de modelos dentales.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los modelos dentales dispuestos se ajustan virtualmente a la representación digital 3D del cerco de cera.
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende disponer modelos
30 físicos de la mandíbula y del maxilar del paciente y los cercos de cera inferior y superior correspondientes en una pila según su posición relativa en oclusión, y obtener una representación digital 3D de esta pila.
9. El método según la reivindicación 8, en donde el método comprende alinear virtualmente las representaciones digitales 3D de las encías mandibular y maxilar del paciente y la representación digital 3D de la pila, de manera que se genera un modelo combinado de cerco de encía-cera.
10. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las representaciones digitales 3D de los
35 cercos de cera superior e inferior se llevan virtualmente a oclusión, y donde la posición y orientación del plano oclusal se determinan a partir de las mismas.
11. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las representaciones digitales 3D de los cercos de cera superior e inferior están dispuestas virtualmente en relación con la representación digital 3D de las encías mandibular y maxilar del paciente de manera que se genera el modelo combinado de cerco de encía-cera.
12. El método según la reivindicación 11, en donde el plano oclusal se deriva del modelo combinado de cerco de
40 encía-cera.
13. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los modelos dentales se ajustan virtualmente al interior de la representación o las representaciones digitales 3D del cerco o cercos de cera para asegurar que hay suficiente espacio para los dientes detrás de los labios del paciente.
14. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los modelos dentales virtuales están
45 dispuestos virtualmente en relación con la representación digital 3D de la encía del paciente en base a una visualización de los modelos dentales virtuales en relación con dicho modelo combinado de cerco de encía-cera.

*Fig. 1a*

100

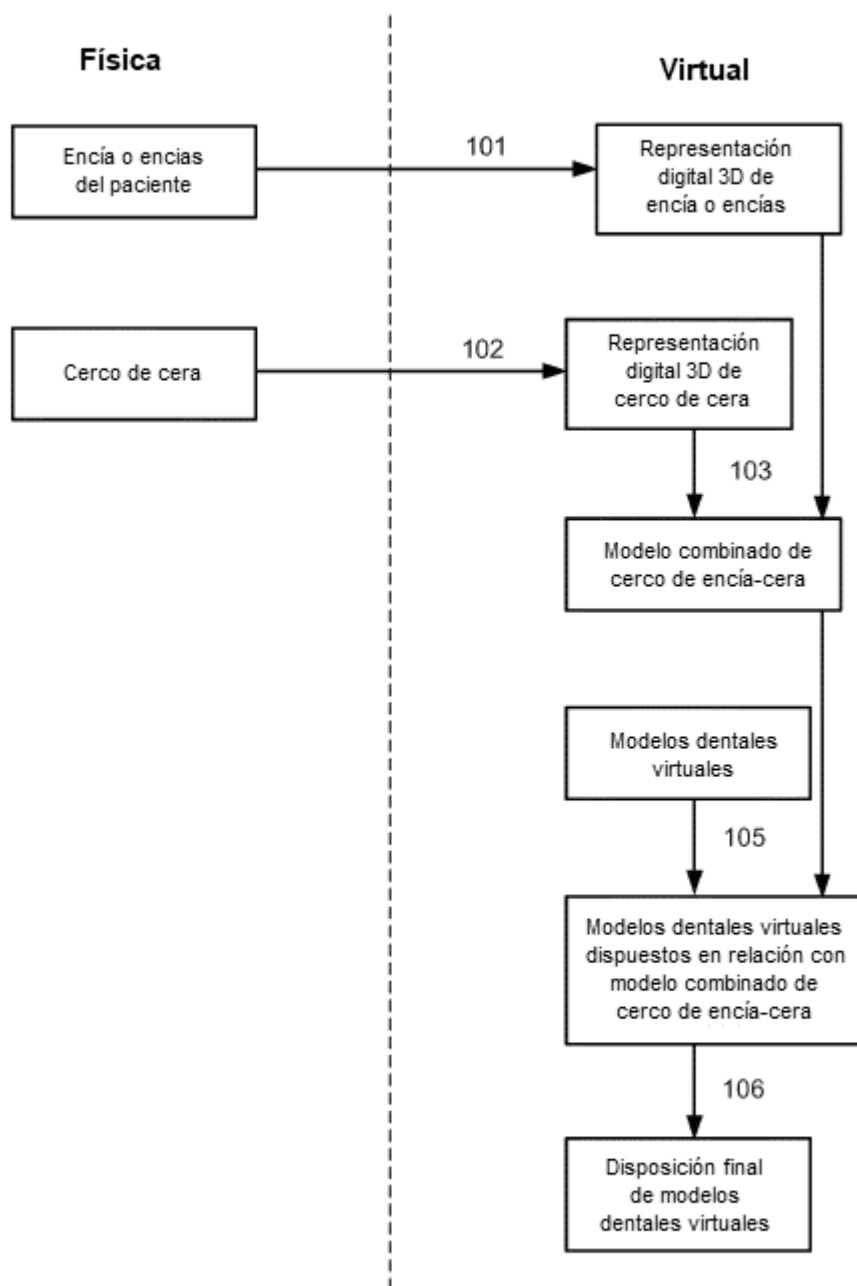


Fig. 1b

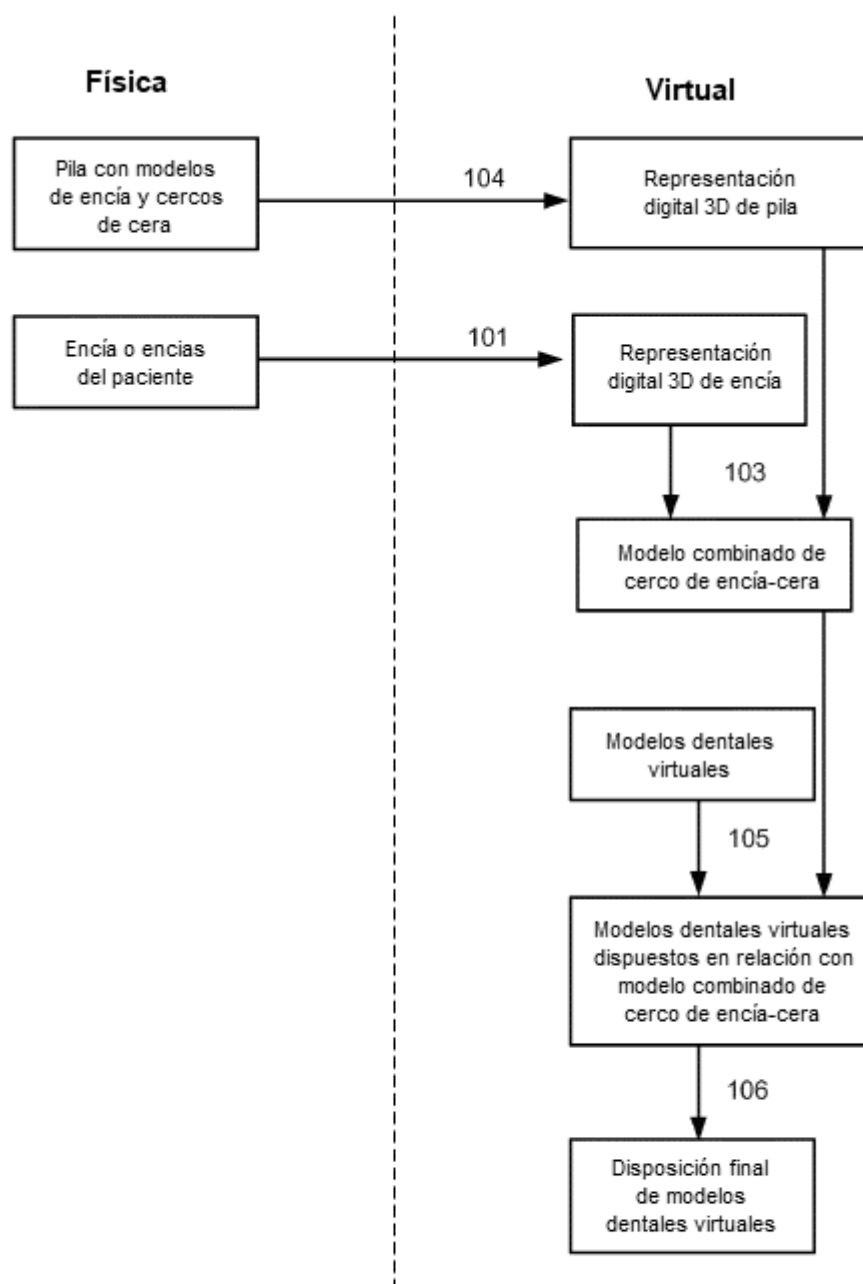


Fig. 1c

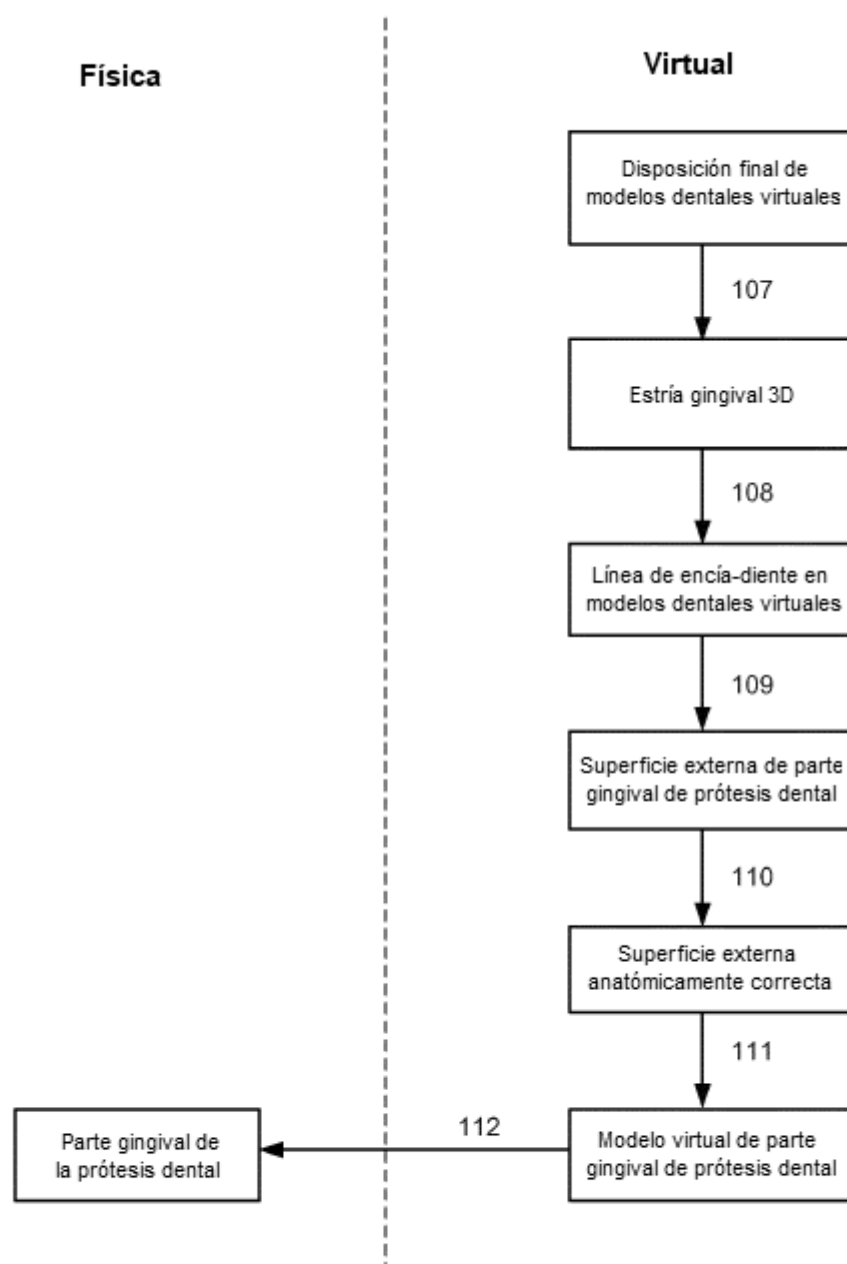


Fig. 1d

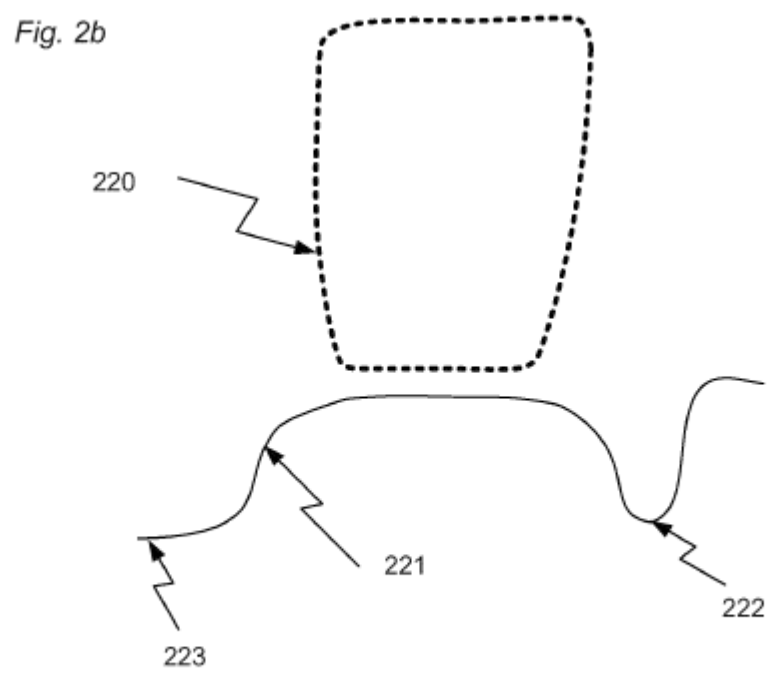
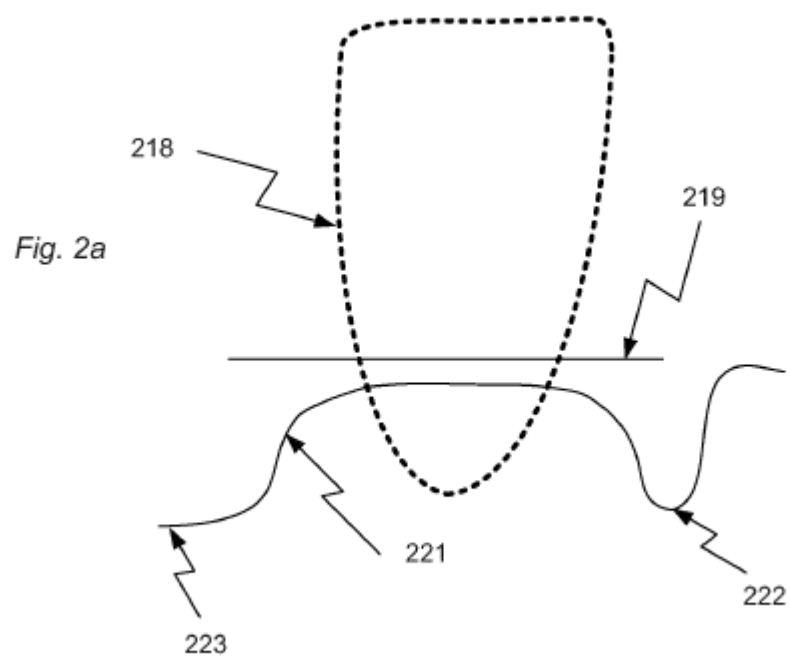


Fig. 3

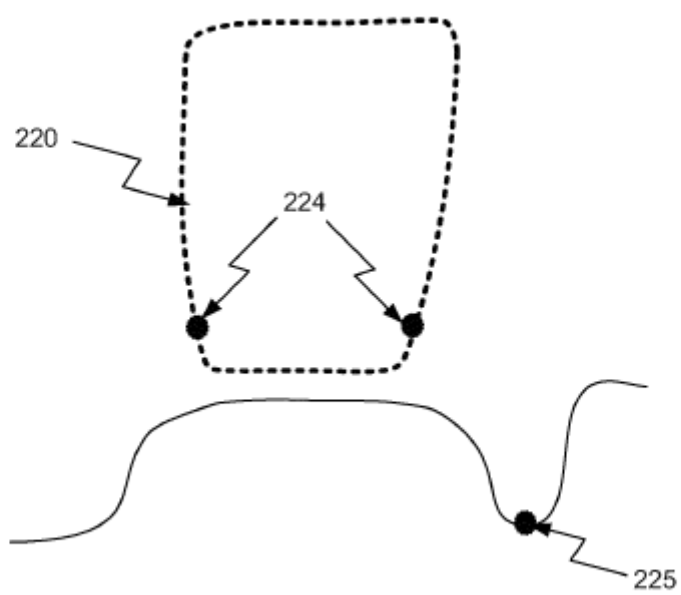


Fig. 4

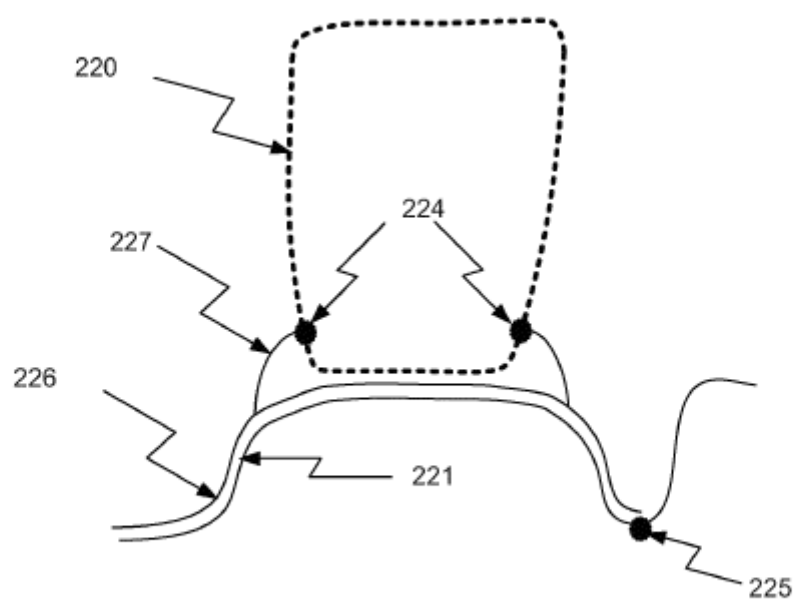


Fig. 5

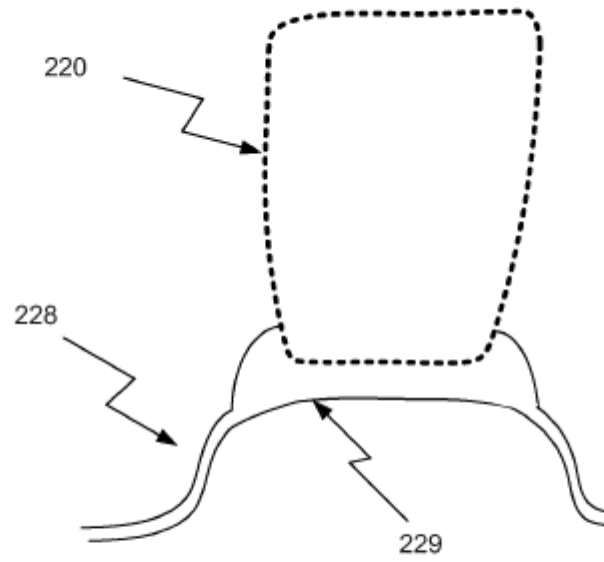


Fig. 6

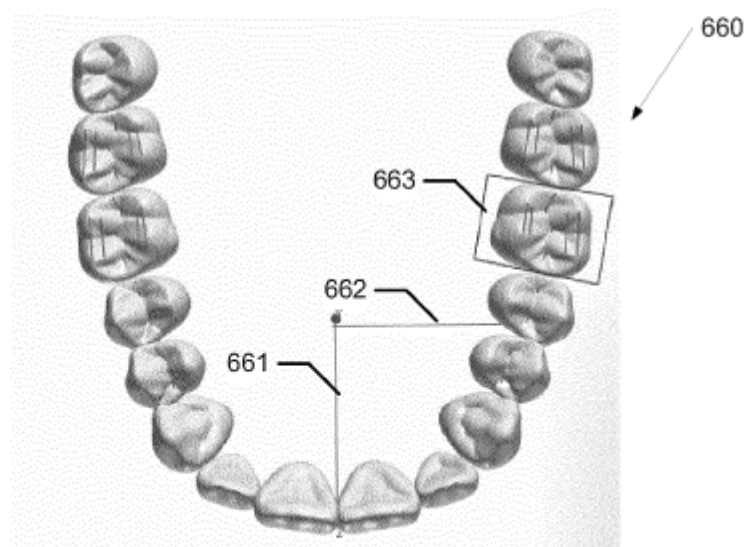


Fig. 7

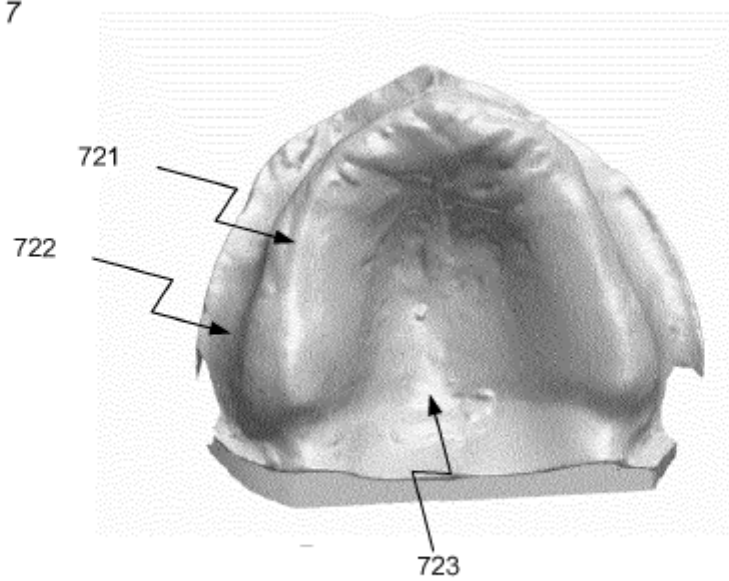


Fig. 8

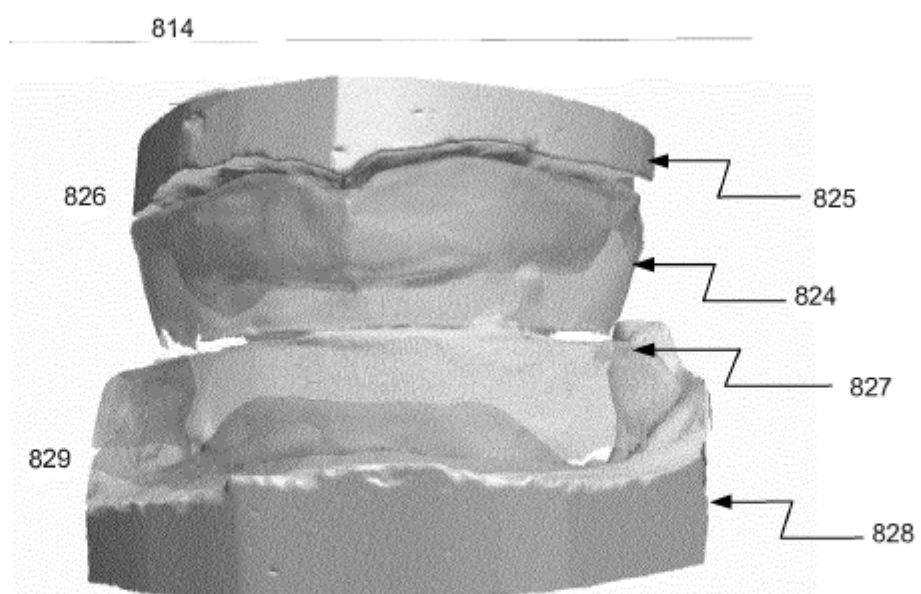


Fig. 9

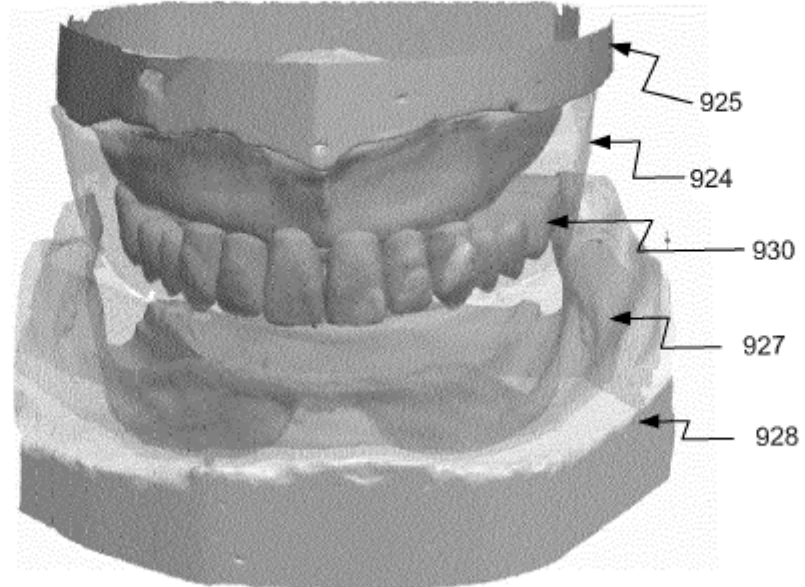


Fig. 10

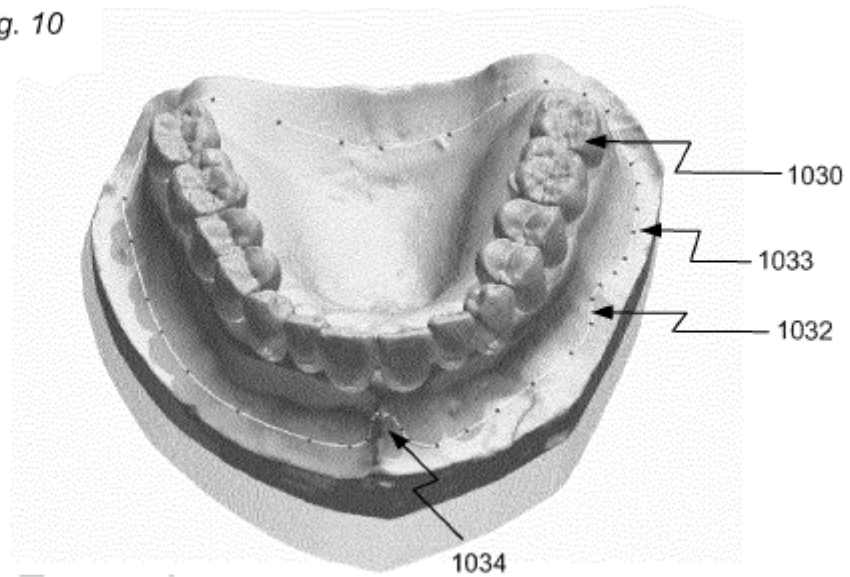


Fig. 11

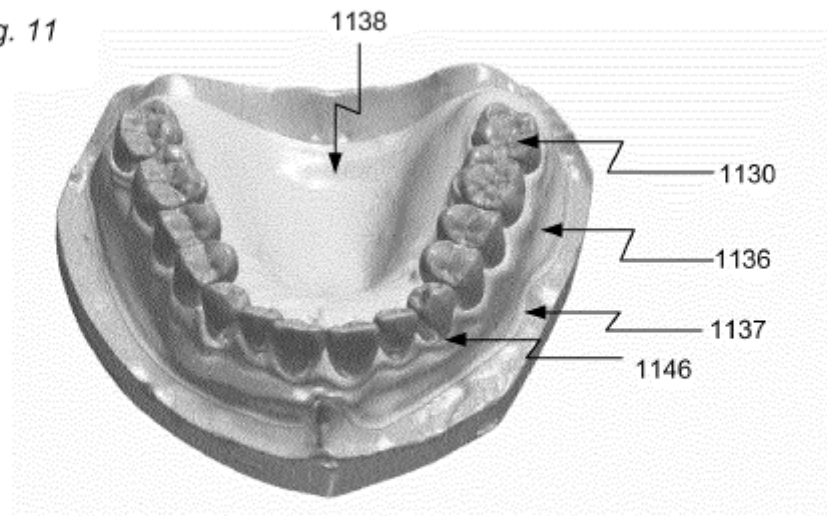


Fig. 12

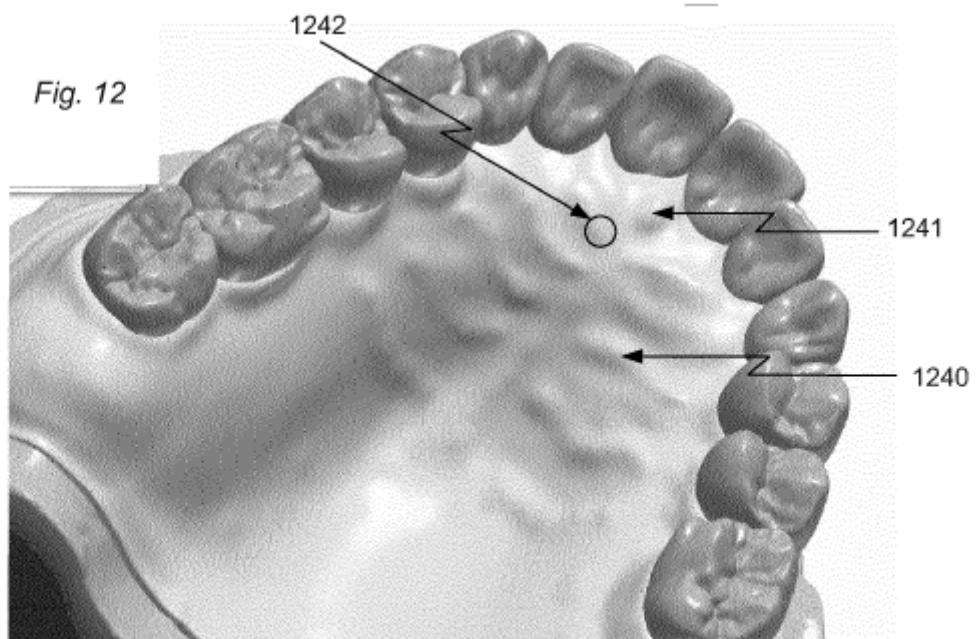


Fig. 13

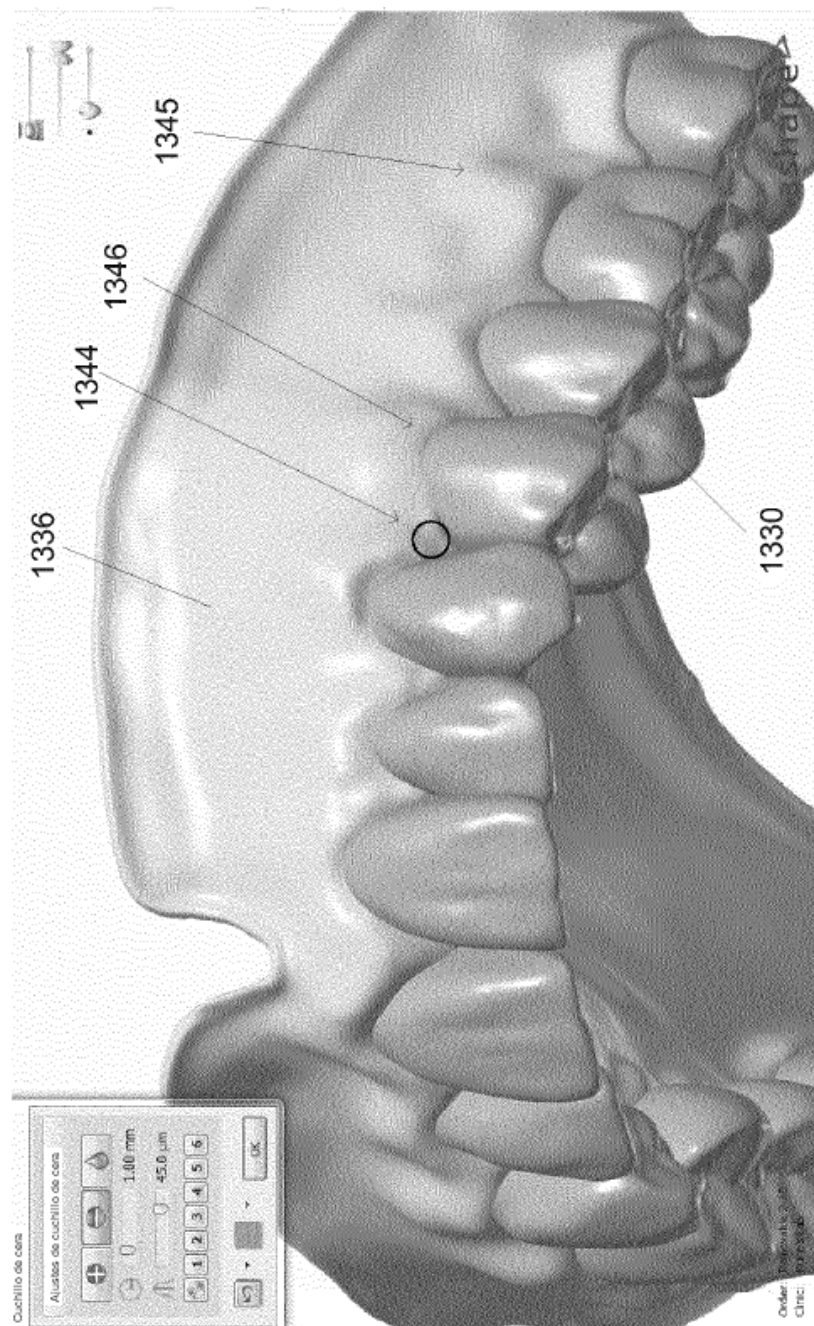


Fig. 14

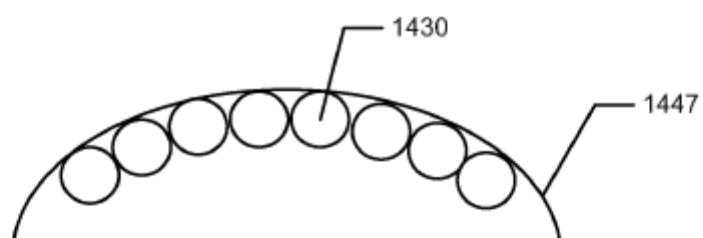


Fig. 25a)

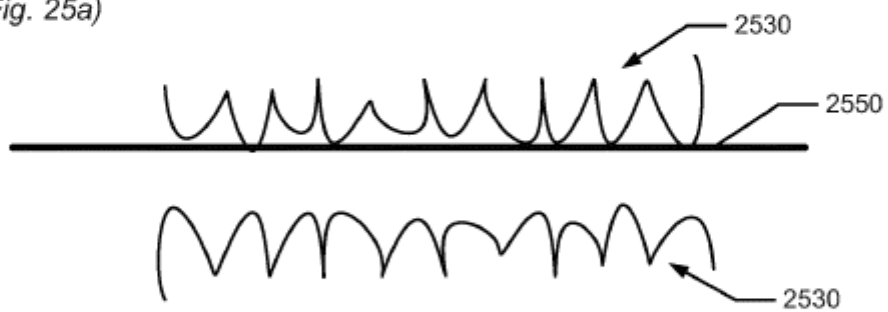


Fig. 25b)

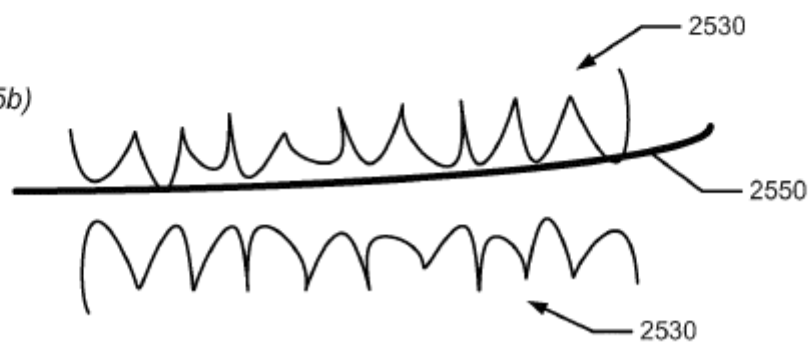


Fig. 15a)

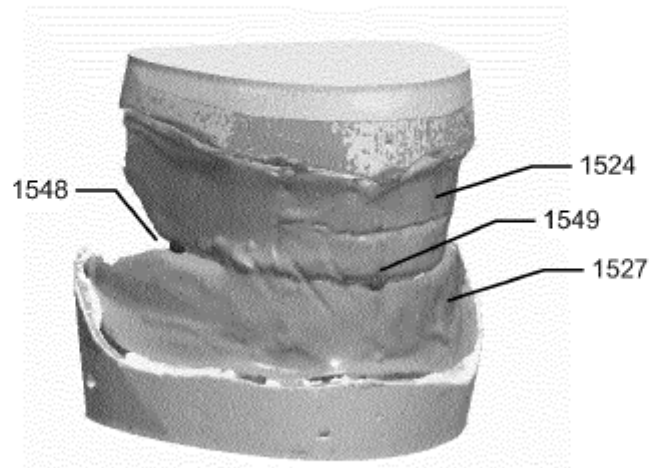


Fig. 15b)

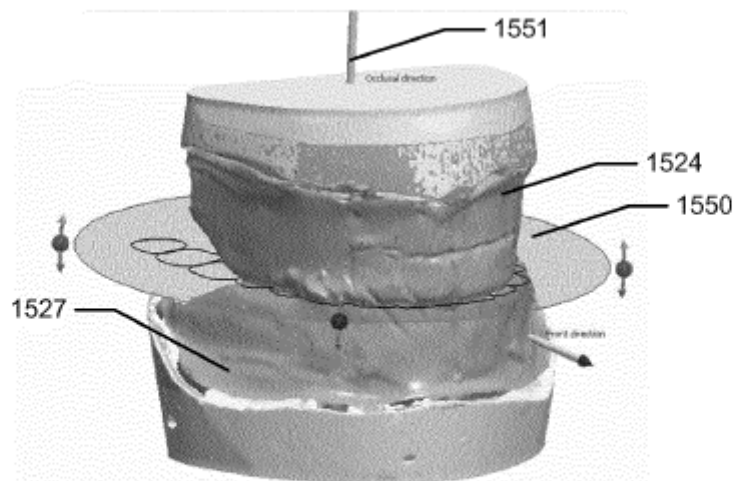


Fig. 16

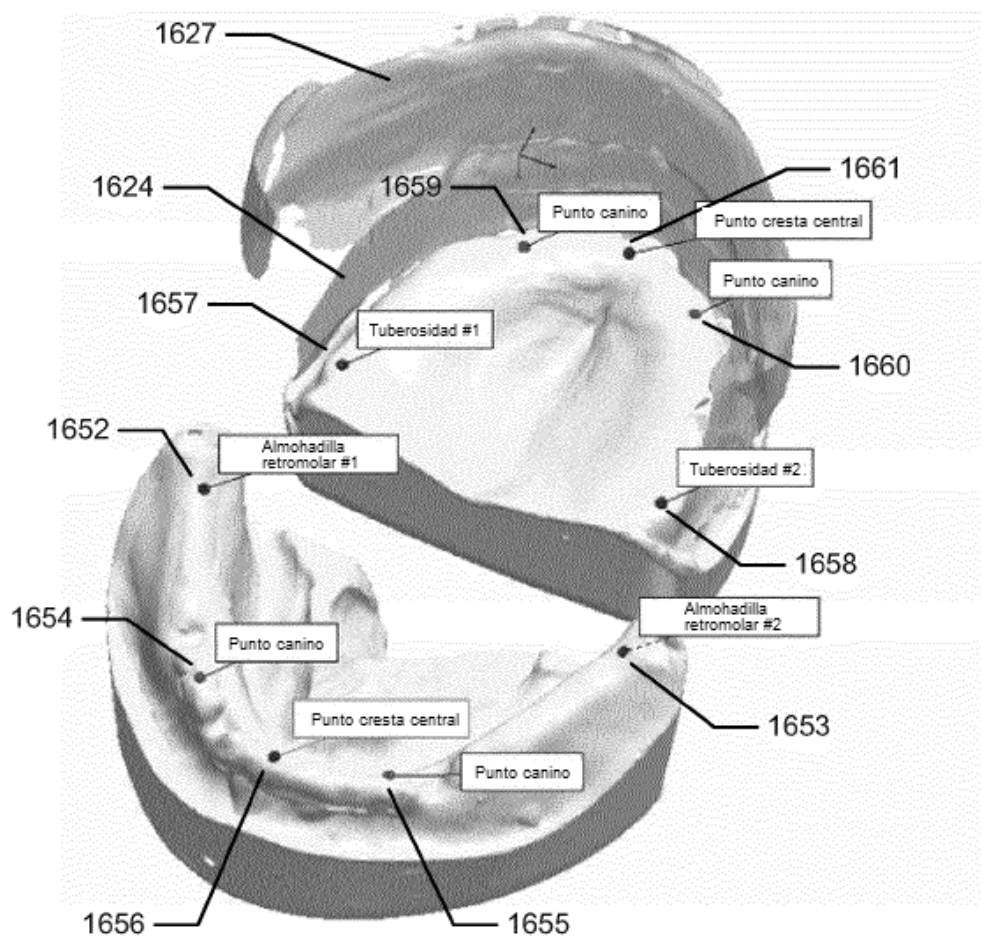


Fig. 17a)

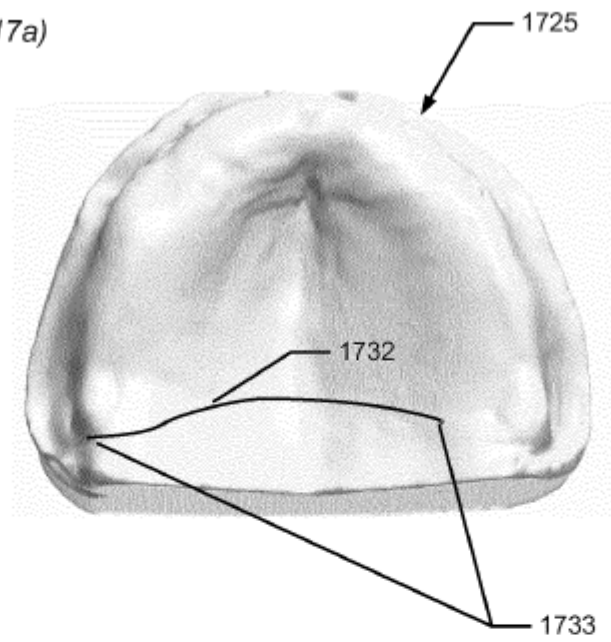
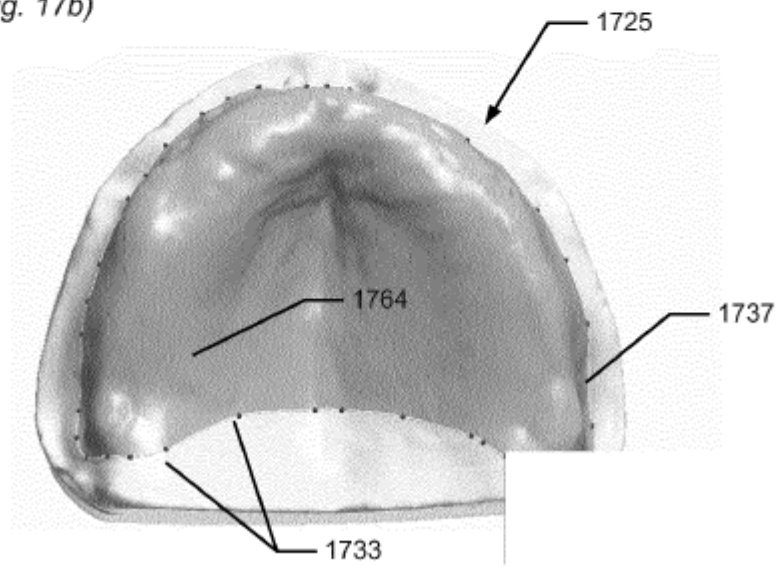


Fig. 17b)



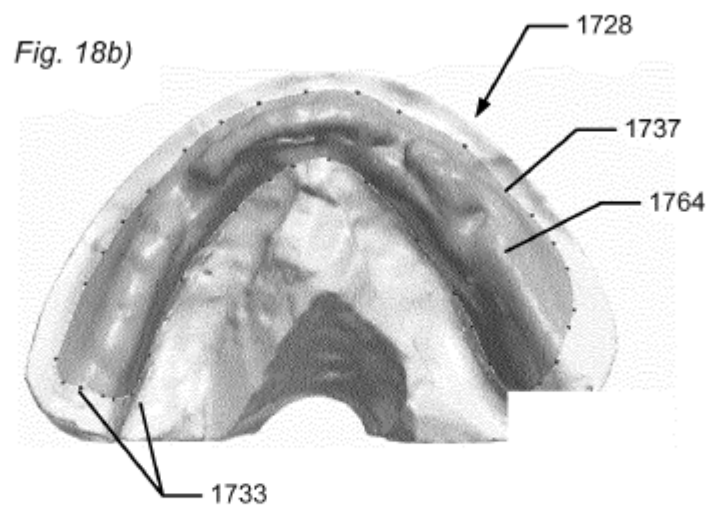
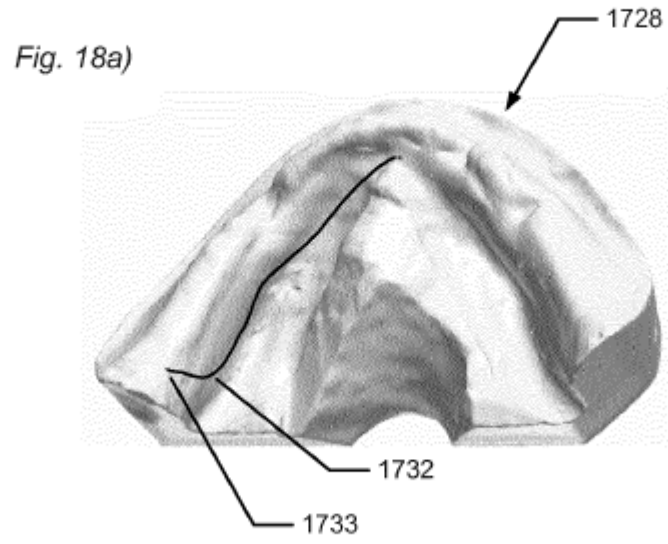


Fig. 19

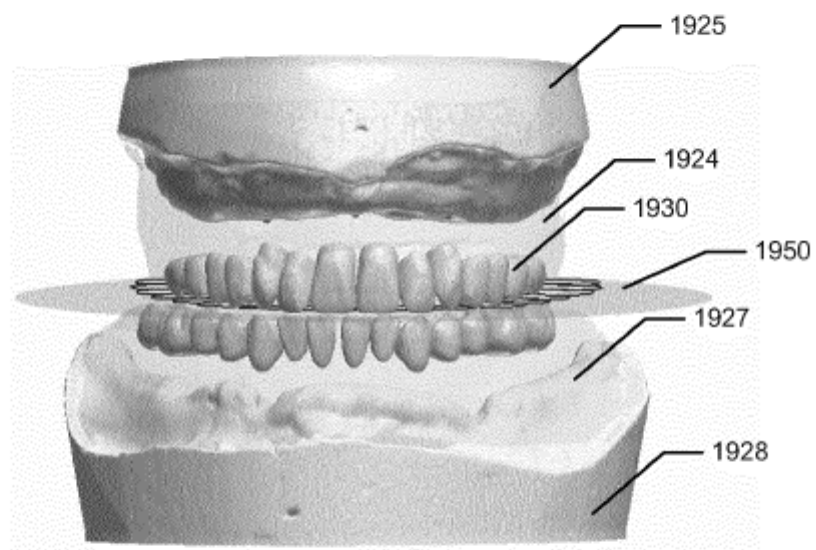


Fig. 20a)

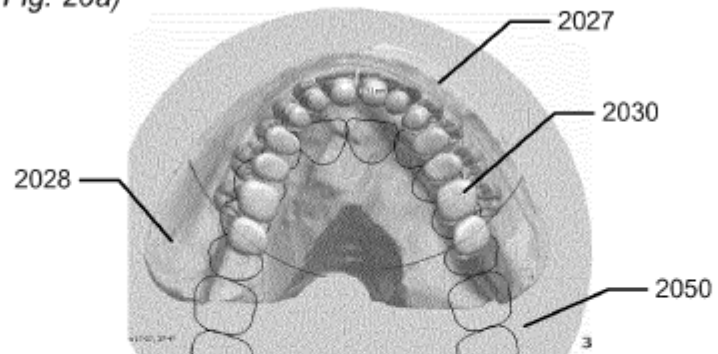


Fig. 20b)

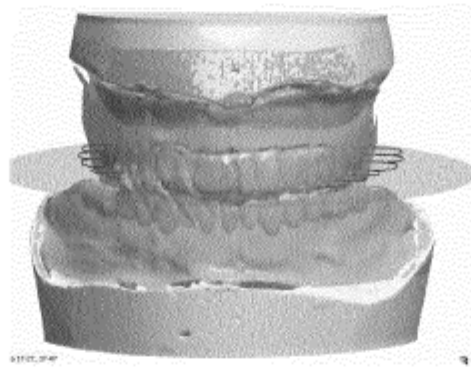


Fig. 20c)

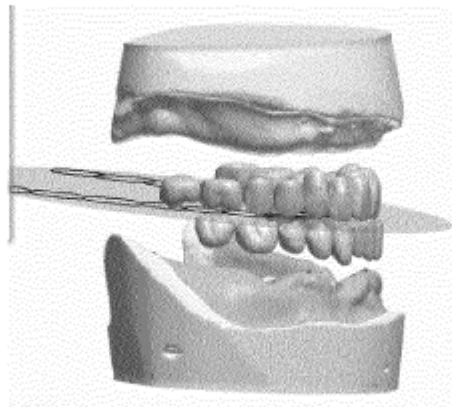


Fig. 21a)

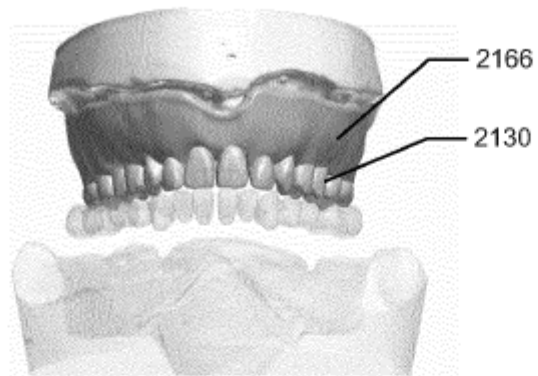


Fig. 21b)

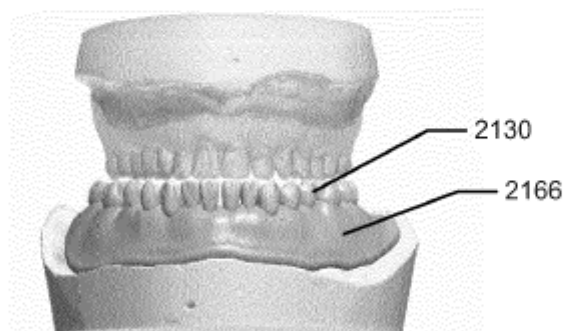


Fig. 22a)

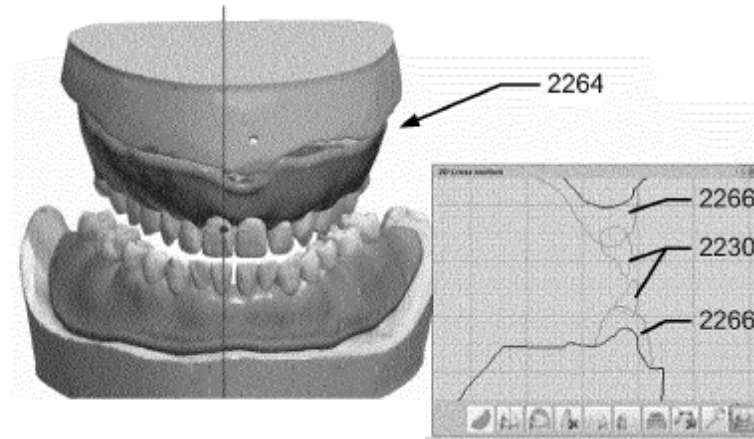


Fig. 22b)

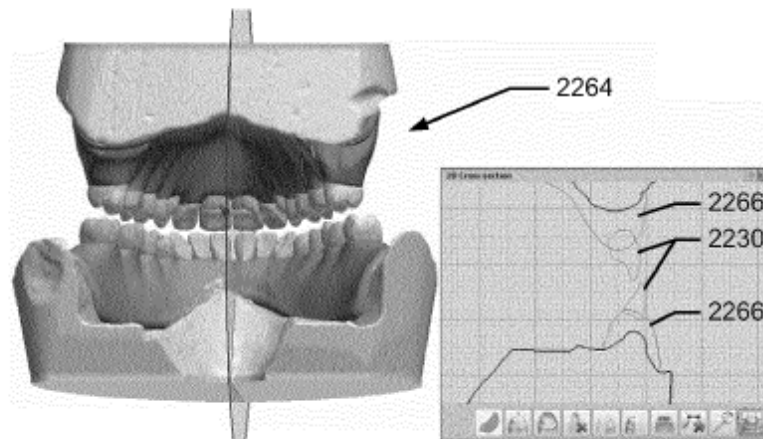


Fig. 23a)

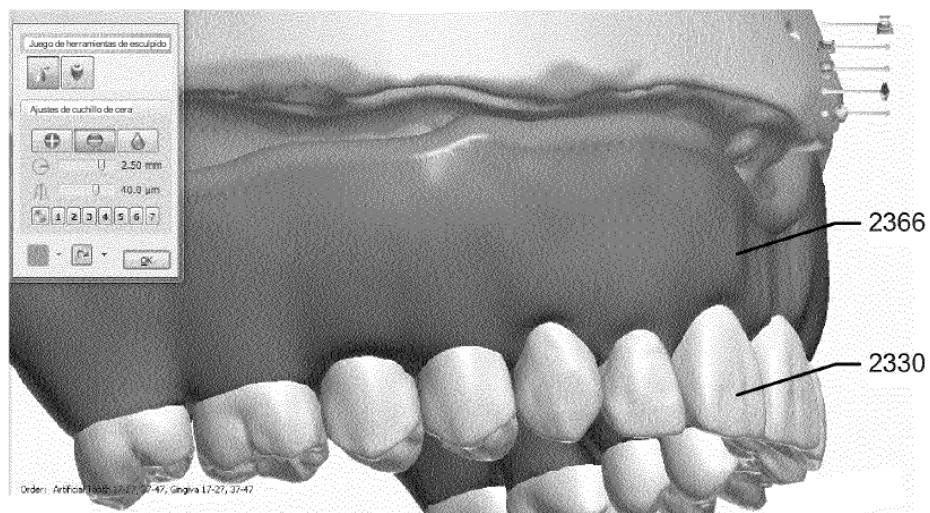


Fig. 23b)

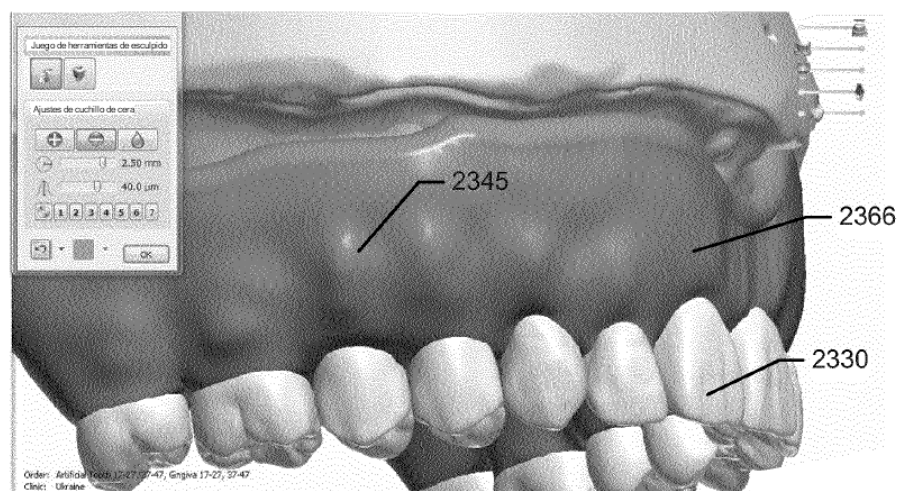


Fig. 23c)

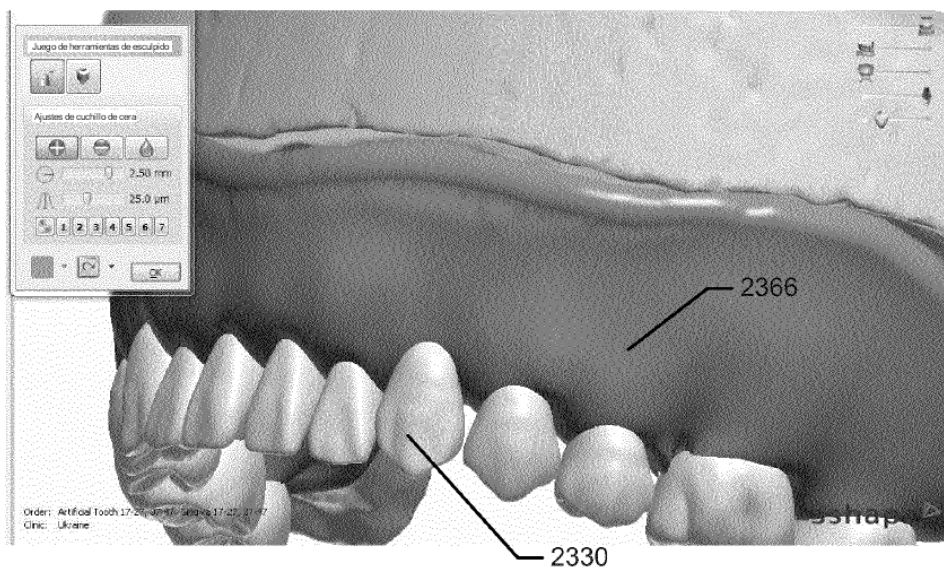


Fig. 23d)

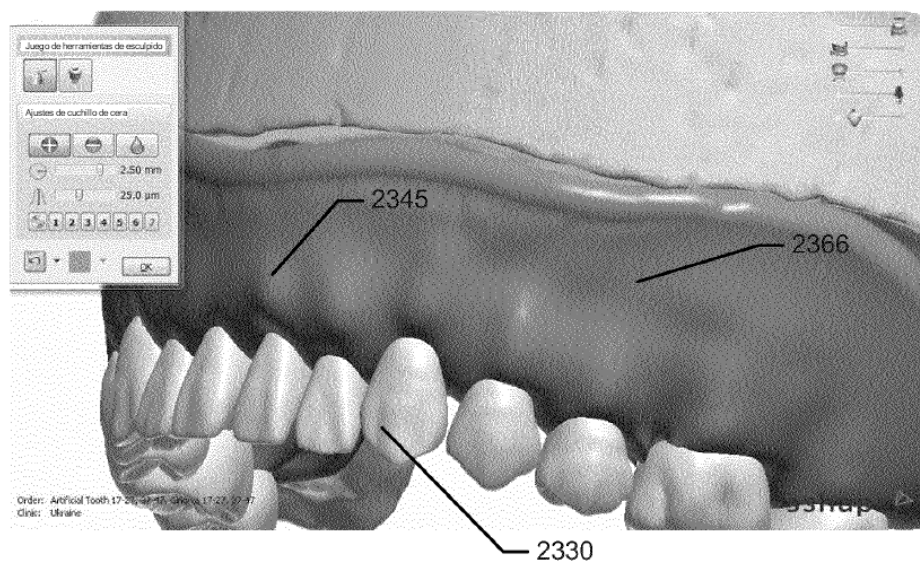
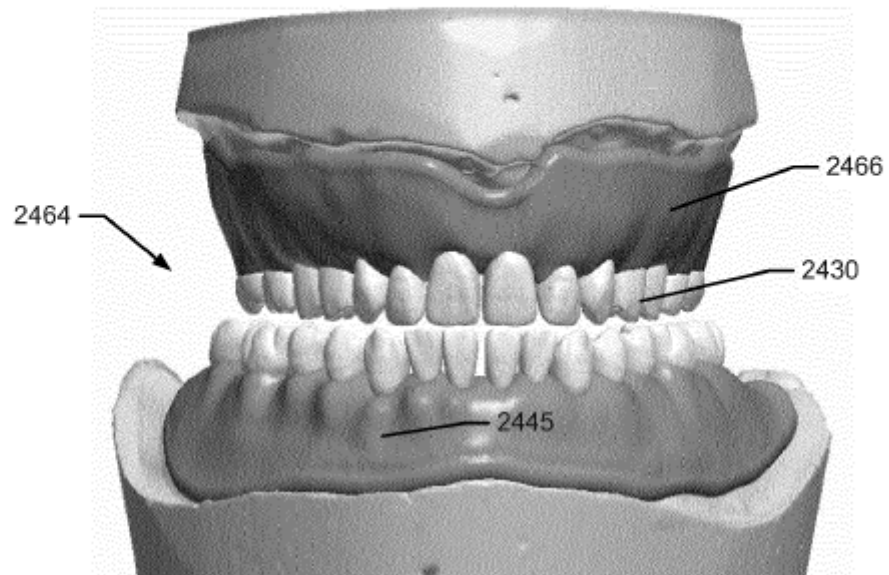


Fig. 24



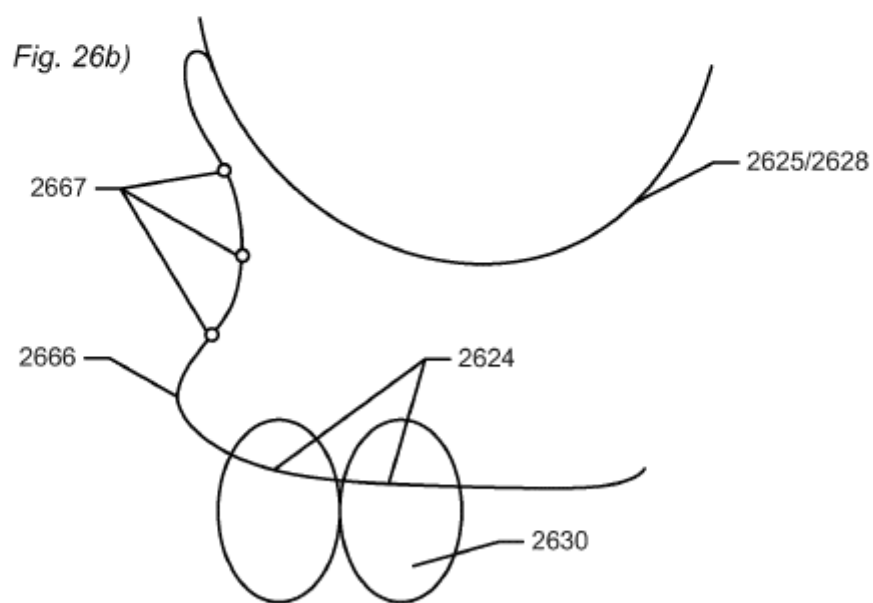
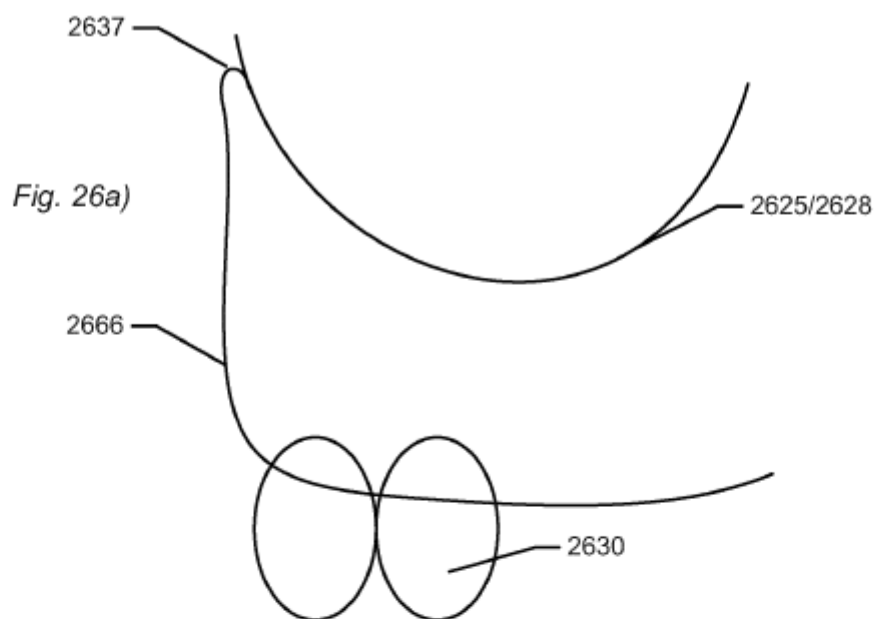


Fig. 27a)

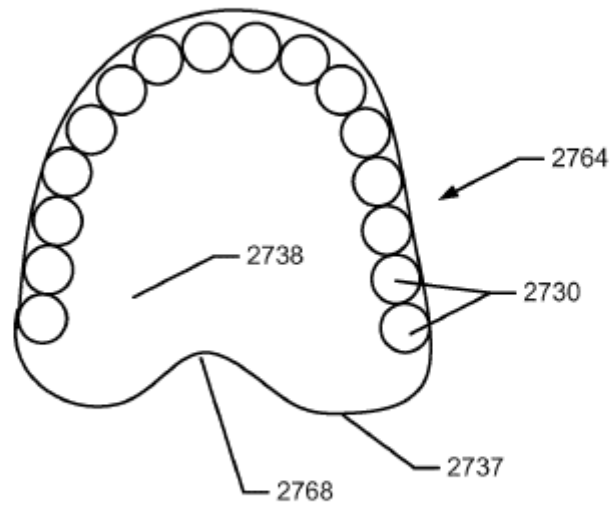


Fig. 27b)

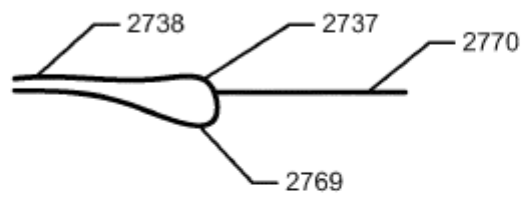


Fig.28

