

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 886 876**

51 Int. Cl.:

A61C 13/00 (2006.01)

G06F 17/00 (2009.01)

G06F 30/00 (2010.01)

G16H 20/40 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2019 E 19161770 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.05.2021 EP 3705080**

54 Título: **Modelado implementado por ordenador de una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.12.2021

73 Titular/es:
**EXOCAD GMBH (100.0%)
Julius-Reiber-Str. 37
64293 Darmstadt, DE**

72 Inventor/es:
**CHIOSA, IURIE;
GERTH, MAIK y
STEINBRECHER, TILLMANN**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 886 876 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 implementado por ordenador de una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente

La invención se refiere a un procedimiento implementado por ordenador para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, a un producto de programa informático así como a un sistema informático y a un sistema de procesamiento para ejecutar el procedimiento.

Las prótesis dentales se suelen fabricar a máquina o totalmente a mano. Dado que, además de un dimensionamiento preciso de la pieza de prótesis dental, su aspecto estético desempeña un papel importante, en particular en la interacción con las particularidades de la dentadura de un paciente en el que se va a disponer la pieza de prótesis dental correspondiente, generalmente se lleva a cabo el posprocesamiento a mano incluso en el caso de la producción a máquina. Dado que, en general, no hay dos prótesis dentales idénticas, existen altas exigencias en el modelado de una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, que debe adaptarse con precisión tanto en términos de dimensiones como de apariencia. Por lo tanto, incluso en el caso de una producción a máquina de la pieza de prótesis dental, la pieza de prótesis dental correspondiente se modela normalmente de antemano a mano con el uso de modelos informáticos. Sin embargo, los procedimientos de modelado conocidos resultan complejos y difíciles de manejar. Así, cada cambio individual del modelo tiene que efectuarse manualmente. En este sentido, puede suceder repetidamente que un cambio en el modelo dental lleve a que las zonas parciales previamente adaptadas del modelo ya no se ajusten como resultado del cambio adicional y también deban adaptarse.

El documento DE 10 2011 005899 A1 describe un procedimiento para procesar un primer modelo dental virtual tridimensional de una pieza de prótesis dental generado durante la planificación de una prótesis dental por medio de una herramienta virtual. El primer modelo dental virtual se procesa mediante la herramienta virtual, adaptándose el primer modelo dental virtual automáticamente por medio de un ordenador durante el procesamiento mediante la herramienta virtual de tal manera que se siguen cumpliendo ciertas condiciones límite establecidas durante la planificación de la prótesis dental.

El documento US 2018/085203 A1 describe un procedimiento implementado por ordenador para diseñar una restauración dental en una pantalla, el procedimiento comprende proporcionar una representación virtual tridimensional de al menos parte de la situación dental del paciente. El procedimiento incluye mostrar un modelo virtual de restauración de dientes en tres dimensiones alineado con la representación virtual en tres dimensiones. El procedimiento también incluye proporcionar una herramienta de diseño seleccionable para deformar al menos una parte del modelo de restauración dental tridimensional. Cuando se selecciona esta herramienta de diseño, se puede dibujar una línea en una superficie del modelo de restauración dental tridimensional.

El documento US 2013/282351 A1 describe un procedimiento para determinar restauraciones dentales virtuales basado en datos de exploración de estructuras orales, utilizando una base de datos de modelos que comprende varios modelos dentales parametrizados para cada uno de varios tipos de dientes, realizándose la parametrización sobre la base de los parámetros de modelo, que comprenden parámetros de posición y/o parámetros de forma, y en los que cada modelo dental está vinculado a un número de modelos dentales del mismo tipo de diente, y en el que para cada tipo de diente deseado se determina un modelo dental óptimo en la base de datos de modelos con el uso de un procedimiento iterativo, en el que se selecciona inicialmente al menos un modelo dental inicial del tipo de diente deseado de la base de datos de modelos y, a continuación, en función de este modelo dental inicial, se comprueba un modelo dental para determinar un valor de calidad en cada etapa de iteración, en donde con el fin de una individualización, se adapta en cada caso el modelo dental sometido a prueba a los datos de exploración mediante variación de parámetros de modelo y calculándose para esta individualización un valor de calidad.

La patente europea EP 2 134 290 A1 describe un procedimiento para la planificación automática o semiautomática de un tratamiento dental para un paciente, que comprende: (a) obtener datos sobre una zona que se va a tratar y datos sobre el rostro de un paciente; (b) llevar a cabo un análisis computarizado de los datos para determinar propiedades de al menos el rostro del paciente; (c) generar una configuración dental modificada con el uso de un conjunto de reglas almacenadas que usan las propiedades faciales particulares. Una representación tridimensional simula la apariencia de la configuración dental modificada y la cara del paciente que rodea la zona de tratamiento.

La invención se basa en el objetivo de permitir un procedimiento mejorado para modelar piezas de prótesis dental.

El objetivo en el que se basa la invención se consigue en cada caso con las características de las reivindicaciones de patente independientes. Las formas de realización de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes.

La invención comprende un procedimiento implementado por ordenador para modelar una pieza de prótesis dental específica para un paciente, comprendiendo el procedimiento:

- proporcionar un modelo de situación del paciente digital tridimensional, en donde el modelo de situación del paciente define superficies de delimitación específicas del paciente de uno o varios objetos de una dentadura del paciente, que definen una geometría de situación del paciente a la que ha de adaptarse la pieza de prótesis dental en el transcurso del modelado,

- proporcionar un primer modelo de pieza de prótesis dental digital tridimensional en un estado inicial, definiendo el primer modelo de pieza de prótesis dental superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental de la pieza de prótesis dental que definen una geometría de pieza de prótesis dental,

5 en el que el primer modelo de pieza de prótesis dental en el estado inicial presenta una geometría de pieza de prótesis dental en forma de una geometría inicial,

- proporcionar uno o varios criterios de adaptación geométricos definidos con el uso de las superficies de delimitación específicas del paciente, que han de cumplirse por las superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental en el transcurso de una adaptación individualizada para el paciente de la geometría de la pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente,

10 • adaptar de manera individualizada para el paciente la geometría de pieza de prótesis dental del primer modelo de pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente del modelo de situación del paciente,

15 en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende una disposición del primer modelo de pieza de prótesis dental en una posición inicial proporcionada por el modelo de situación del paciente para la pieza de prótesis dental,

20 en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende asimismo una ejecución interactiva repetida de cambios definidos por el usuario en el primer modelo de pieza de prótesis dental dispuesto, en el que el primer modelo de pieza de prótesis dental, en el transcurso de cada uno de los cambios definidos por el usuario, atraviesa dinámicamente en cada caso una secuencia de estados intermedios hasta que se alcanza un estado de cambio resultante del respectivo cambio definido por el usuario, en el que para cada uno de los estados intermedios correspondientes, así como el estado de cambio resultante, se calcula en cada caso automáticamente a partir de la geometría inicial del primer modelo de pieza de prótesis dental una geometría de estado específica del estado del primer modelo de pieza de prótesis dental manteniendo los criterios de adaptación geométricos,

25 en el que cada uno de los cambios definidos por el usuario se visualiza por medio de una interfaz gráfica de usuario en un dispositivo de visualización, en el que la visualización del respectivo cambio definido por el usuario comprende en cada caso una visualización del paso dinámico a través de la respectiva secuencia de estados intermedios hasta que el primer modelo de pieza de prótesis dental alcanza el estado de cambio respectivo con las respectivas geometrías de estado específicas de estado calculadas para ello,

- uso de una geometría de cambio resultante de la adaptación individualizada para el paciente del primer modelo de pieza de prótesis dental para proporcionar una geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente para la producción de la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

35 Los modelos de ejecución pueden tener la ventaja de que permiten a un usuario adaptar un modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital partiendo de un estado inicial a las particularidades individuales de una geometría de situación del paciente. Una geometría de situación del paciente está definida por uno o varios objetos dispuestos en la dentadura de un paciente, a los que se va a adaptar el modelo de pieza de prótesis dental. Los criterios de adaptación geométricos especificados garantizan que cada cambio definido por el usuario tenga lugar manteniendo los criterios de adaptación correspondientes. En otras palabras, un cambio definido por el usuario en el modelo de pieza de prótesis dental puede evitar que se establezca un estado que viole un criterio de adaptación geométrica. Formas de realización tienen la ventaja de que se puede evitar que, como resultado de cambios definidos por el usuario, sean necesarias mejoras en el modelo de pieza de prótesis dental para cumplir de nuevo los criterios de adaptación correspondientes. Por lo tanto, se puede evitar el problema de que un cambio definido por el usuario lleve a que sea necesaria una mejora posterior para volver a cumplir un criterio de adaptación que ya ha sido cumplido por cambios efectuados previamente y que es violado por el nuevo estado. Una mejora posterior correspondiente puede llevar a que el cambio definido por el usuario previo se invierta al menos en la medida en que tenga que repetirse parcialmente, lo que a su vez puede conducir a problemas para cumplir con el criterio de adaptación correspondiente. Mediante una especificación firme de los criterios de adaptación geométricos correspondientes, se puede garantizar que se puede evitar una aproximación iterativa compleja para el cumplimiento simultáneo de los criterios de adaptación correspondientes, por un lado, y cambios definidos por el usuario para la adaptación individualizada para el paciente del modelo de pieza de prótesis dental, por el otro.

55 Asimismo, la visualización de una ejecución dinámica a través de una secuencia de estados intermedios permite al usuario obtener una mejor comprensión de los efectos externos de los cambios definidos por el usuario efectuados por el mismo. En particular, el usuario puede reconocer así si uno de los estados intermedios que se ejecutan dinámicamente representa un estado de cambio ventajoso del modelo de pieza de prótesis dental deseado por el mismo. Si este es el caso, el usuario puede llegar al estado intermedio correspondiente deshaciendo algunos de los cambios definidos por el usuario. Esto aumenta la manejabilidad del procedimiento y el tiempo de procesamiento se puede reducir significativamente.

60 En este sentido, es especialmente ventajoso que la geometría de estado específica del estado se calcule automáticamente a partir de la geometría inicial tanto para los estados intermedios como para los estados de cambio

resultantes. En otras palabras, las geometrías de estado de los estados intermedios y/o el estado de cambio se calculan individualmente a partir de la geometría inicial. Un cálculo de las geometrías de estado individuales en cada caso a partir de la geometría inicial puede garantizar que cualquier cambio definido por el usuario efectuado por el usuario se pueda deshacer sin ningún problema. De esta manera, en particular, es posible facilitar la adaptación del modelo de pieza de prótesis dental a un estado intermedio previamente ejecutado. En particular, se puede evitar de esta manera una situación en la que el usuario se vea obligado a iniciar el modelado de nuevo, dado que una combinación de cambios definidos por el usuario realizados por el mismo ya no se puede deshacer. Esta situación puede surgir en particular cuando se calcula en cada caso una adaptación del modelo de pieza de prótesis dental de estado a estado con el uso de procedimientos de aproximación numéricos. Por ejemplo, como resultado de efectos numéricos, tales como errores de redondeo, los cambios generalmente no se pueden revertir por completo sin un estado de referencia fijo del modelo de pieza de prótesis dental. En el presente caso, se proporciona un estado de referencia fijo en forma de geometría inicial. Por tanto, formas de realización pueden permitir que las piezas de prótesis dental individualizadas para el paciente se modelen mucho más fácil y rápidamente.

Las formas de realización también pueden tener la ventaja de que el cálculo de los estados de cambio se lleva a cabo individualmente sobre la base de la geometría inicial de que se puede crear un conjunto de datos de cambio para cada estado de cambio, que define los cambios realizados para el estado de cambio correspondiente en comparación con la geometría inicial. Tal conjunto de datos de cambio permite que los cambios efectuados para un primer modelo de pieza de prótesis dental se transfieran de forma sencilla a un segundo modelo de pieza de prótesis dental. Por ejemplo, los cambios definidos en el conjunto de datos de cambio se aplican para ello al segundo modelo de pieza de prótesis dental. Dado que se trata de cambios que se calcularon directamente a partir de la geometría inicial, las imprecisiones numéricas y/o específicas del modelo de pieza de prótesis dental se pueden reducir durante la transferencia.

Las ventajas descritas anteriormente se tienen en cuenta en particular cuando se deben modelar una pluralidad de piezas de prótesis dental, en particular piezas de prótesis dental, que son mutuamente dependientes.

Se entiende que una pieza de prótesis dental significa cualquier forma de objeto que se disponga en o sobre la dentadura de un paciente, que se usa para reemplazar y/o complementar uno o varios dientes naturales faltantes o existentes y/o una o varias partes de los mismos. Las piezas de prótesis dentales pueden incluir, por ejemplo, puentes, incrustaciones, superposiciones, coronas o similares. Las piezas de prótesis dental se producen a partir de un material de prótesis dental, por ejemplo de cerámicas tales como cerámica de óxido de zinc, cerámica de óxido de aluminio, de metales o aleaciones de metal. Por ejemplo, se utilizan aleaciones de CrCo, oro o aleaciones de oro. Asimismo, el material de prótesis dental también puede comprender plástico.

Una geometría de pieza de prótesis dental denota una forma geométrica y/o formas de un modelo de pieza de prótesis dental formado por superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental. Estas formas se pueden describir cuantitativamente por tamaños geométricos o proporciones de tamaños geométricos, como distancias, longitudes, anchos, alturas, ángulos, puntos, superficies (superiores) o volúmenes. Se puede seleccionar un modelo de pieza de prótesis dental de una colección de modelos de pieza de prótesis dental predefinidos, es decir, una biblioteca, o se puede generar para un caso de aplicación concreto. Para este propósito, los objetos físicos de la dentadura de un paciente pueden servir como plantilla para un modelo tridimensional digital o los modelos tridimensionales digitales específicos del paciente existentes se pueden utilizar como plantilla y/o modelo inicial.

Una geometría de situación del paciente designa una forma geométrica y/o formas de un modelo de situación del paciente o los modelos de los objetos correspondientes de los dientes del paciente incluidos en el modelo de situación del paciente, formados por superficies de delimitación específicas del paciente de uno o varios existentes y/u objetos a complementar. Estas formas se pueden describir cuantitativamente por tamaños geométricos o proporciones de tamaños geométricos, como distancias, longitudes, anchos, alturas, ángulos, puntos, superficies (superiores) o volúmenes. Un modelo de situación del paciente reproduce un estado de la dentadura y/o un estado de una o varias partes de una dentadura de un paciente en las que se va a colocar la pieza de prótesis dental o a la que se va a adaptar. El modelo de situación del paciente se basa, por ejemplo, en una medición de una dentadura del paciente y/o una o varias partes de una dentadura del paciente.

Según formas de realización, los cambios definidos por el usuario se muestran simultáneamente con su entrada. Formas de realización pueden tener la ventaja de que el usuario obtiene así inmediatamente una visualización de las adaptaciones que ha efectuado. El cálculo de los estados intermedios, así como del estado de cambio resultante, tiene lugar a este respecto sobre la marcha en tiempo real.

Según formas de realización, la adaptación de la geometría de pieza de prótesis dental tiene lugar manteniendo características morfológicas que están definidas por la geometría inicial y son características de la pieza de prótesis dental. Formas de realización pueden tener la ventaja de que la pieza de prótesis dental correspondiente siempre conserva su carácter funcional y/o estético básico.

Según formas de realización, proporcionar la geometría de cambio resultante incluye usar la geometría de cambio resultante como una geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. Formas de realización pueden tener la ventaja de que la geometría de cambio resultante se puede utilizar, por ejemplo, indirectamente como geometría dental individualizada para el paciente, por ejemplo, para producir la pieza de prótesis dental mediante un

procedimiento de procesamiento adecuado, tal como, por ejemplo, un procedimiento CAM o un procedimiento de creación de prototipos rápido. En este sentido, puede ser un procedimiento de mecanizado con desprendimiento de virutas, por ejemplo, fresado CNC o un procedimiento de mecanizado aditivo, por ejemplo, impresión 3D.

5 Según formas de realización, proporcionar la geometría de cambio resultante comprende una transferencia de la geometría de cambio resultante a un segundo modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital, en el que el segundo modelo de pieza de prótesis dental presenta una resolución más alta que el primer modelo de pieza de prótesis dental. Formas de realización pueden tener la ventaja de que permiten un modelado en múltiples etapas de una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. A este respecto, la precisión de la prótesis dental modelada aumenta de un paso a otro. Por ejemplo, en una primera etapa de modelado se puede usar un primer modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital con una primera resolución. Esta resolución puede ser, por ejemplo, una resolución relativamente basta, lo que permite adaptar rápidamente las dimensiones básicas del modelo de pieza de prótesis dental a las particularidades de una geometría de situación del paciente con poco esfuerzo computacional. La geometría de cambio resultante en este sentido se puede transferir a un segundo modelo de pieza de prótesis dental con una resolución más alta que el primer modelo de pieza de prótesis dental. En otras palabras, el usuario puede aprovechar los cambios ya efectuados. A continuación, se puede realizar un ajuste fino a las particularidades correspondientes de la geometría de situación del paciente en el segundo modelo de pieza de prótesis dental.

20 Según formas de realización, los criterios de adaptación geométricos definen uno o varios valores máximos y/o mínimos admisibles para distancias positivas y/o negativas o compensaciones entre superficies de delimitación específicas del paciente del modelo de situación del paciente y superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental. Formas de realización pueden tener la ventaja de que se puede asegurar mediante los criterios de adaptación geométricos que cada una de las geometrías de estado específicas del estado calculadas del modelo de pieza de prótesis dental cumple una o varias relaciones geométricas básicas con respecto a superficies de delimitación específicas del paciente. Una distancia negativa indica una distancia entre una superficie de delimitación individualizada para el paciente y una superficie de delimitación específica de la parte de la dentadura, extendiéndose la superficie de delimitación específica de la parte de la dentadura dentro del modelo de situación del paciente. Una distancia positiva indica una distancia entre una superficie de delimitación individualizada para el paciente y una superficie de delimitación específica de la parte de la dentadura, extendiéndose la superficie de delimitación específica de la parte de la dentadura fuera del modelo de situación del paciente.

30 Según formas de realización, las superficies de delimitación específicas del paciente son superficies de delimitación de uno o varios antagonistas comprendidos por el modelo de situación del paciente, uno o varios dientes proximales comprendidos por el modelo de situación del paciente y/o una o varias piezas de prótesis dental comprendidas por el modelo de situación del paciente. Según formas de realización, uno o varios de los valores máximos y/o mínimos admisibles son cero. Formas de realización pueden tener la ventaja de que, en principio, se puede excluir la penetración de las superficies de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental y del modelo de situación del paciente.

35 Según formas de realización, los criterios de adaptación geométricos definen uno o varios valores mínimos admisibles para distancias positivas entre superficies de delimitación específicas de pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental. En otras palabras, los criterios de adaptación geométricos definen un espesor de material mínimo para el modelo de pieza de prótesis dental.

40 Según formas de realización, los criterios de adaptación geométricos definidos con el uso de las superficies de delimitación específicas del paciente comprenden al menos uno de los siguientes criterios geométricos que deben mantenerse por las geometrías de estado específicas de estado calculadas en el transcurso de la adaptación individualizada para el paciente de la geometría de pieza de prótesis dental: los espesores del material del modelo de pieza de prótesis dental delimitados por las superficies de delimitación no caen por debajo de un primer valor mínimo predefinido, las profundidades de penetración máximas de superficies de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental y las superficies de delimitación del modelo de situación del paciente no superan un valor máximo predefinido, las distancias mínimas entre superficies de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental y las superficies de delimitación del modelo de situación del paciente no caen por debajo de un segundo valor mínimo predefinido.

50 Por ejemplo, se establece que un grosor de material del modelo de pieza de prótesis dental no debe caer por debajo de un valor mínimo predefinido. Formas de realización pueden tener la ventaja de que de esta manera se puede garantizar una larga vida útil y una alta estabilidad de la prótesis dental. En particular, también se puede garantizar de esta manera que partes de un objeto de la dentadura del paciente, tal como, por ejemplo, un muñón de diente, no penetren completamente en el mismo como resultado de un desplazamiento del modelo de pieza de prótesis dental y sobresalgan parcialmente del mismo. Si una distancia entre dos superficies de delimitación se reduce como resultado de cambios definidos por el usuario hasta tal punto que corresponde al primer valor mínimo predefinido, se puede evitar una mayor aproximación de las superficies de delimitación correspondientes. Por el contrario, la distancia se mantiene constante en el valor mínimo correspondiente y se realizan cambios adicionales por medio de una deformación geométrica del modelo de pieza de prótesis dental. Por ejemplo, si un usuario desea mover el modelo de pieza de prótesis dental dentro de la geometría de situación del paciente, puede surgir una situación en la que la corona del modelo de pieza de prótesis dental se mueva más, pero una sección inferior del modelo de pieza de prótesis dental permanece estacionaria o en zonas parciales. de las superficies de delimitación de la sección inferior permanecen estacionarias.

Según formas de realización, las superficies de delimitación del modelo de situación del paciente para las que se limitan las profundidades máximas de penetración o las distancias mínimas son superficies de delimitación de uno o varios antagonistas comprendidos por el modelo de situación del paciente, uno o varios dientes proximales comprendidos por el modelo de situación del paciente y/o una o varias piezas de prótesis dental comprendidas por el modelo de situación del paciente.

Por ejemplo, se puede establecer que las profundidades máximas de penetración de las superficies de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental y las superficies de delimitación del modelo de situación del paciente no superan un valor máximo predefinido. Por ejemplo, se puede especificar que no se permite ninguna penetración o, si se permite una penetración correspondiente, esto se puede limitar a un valor máximo permitido. Se puede permitir una penetración limitada entre el modelo de pieza de prótesis dental y el modelo de situación del paciente, por ejemplo, entre el modelo de pieza de prótesis dental y un antagonista. Aquí puede ser útil una mínima penetración para poder asegurar una sensación de contacto con el paciente al morder y una masticación eficaz. Asimismo, una penetración ilimitada en el transcurso del modelado puede ser útil para adaptar en primer lugar el modelo de pieza de prótesis dental en su conjunto a la geometría de situación del paciente y remediar localmente las penetraciones mínimas restantes en el transcurso de un ajuste fino al final del procedimiento de modelado. Esto puede tener lugar, por ejemplo, por deformación local de la geometría de la superficie del modelo de pieza de prótesis dental o por eliminación local de material del modelo de pieza de prótesis dental.

Por ejemplo, se puede establecer que las distancias máximas entre las superficies de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental y las superficies de delimitación del modelo de situación del paciente no superan un valor máximo predefinido. Las formas de realización pueden tener la ventaja de que de esta manera se puede garantizar que las distancias entre el modelo de pieza de prótesis dental y el modelo de situación del paciente no sean demasiado grandes en secciones.

Por ejemplo, se puede establecer que las distancias mínimas entre las superficies de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental y las superficies de delimitación del modelo de situación del paciente no caen por debajo de un valor mínimo predefinido. Por tanto, las formas de realización pueden tener la ventaja de que una distancia entre el modelo de pieza de prótesis dental y el modelo de situación del paciente no puede diseñarse para que sea demasiado pequeña en secciones.

Si se alcanza un valor límite establecido por uno de los criterios de adaptación, se puede definir, por ejemplo, que otros cambios individualizados para el usuario del modelo de pieza de prótesis dental son posibles deformando el mismo bajo la máxima de que se cumplan los criterios de adaptación.

Formas de realización pueden tener la ventaja de que, en principio, se puede excluir la penetración de las superficies de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental y del modelo de situación del paciente.

Según formas de realización, los criterios de adaptación geométricos están estructurados jerárquicamente. En el caso de criterios de adaptación geométricos incompatibles entre sí, se da prioridad a los criterios de adaptación geométricos individuales sobre uno o varios de otros criterios de adaptación geométricos de acuerdo con la estructura jerárquica. Formas de realización pueden tener la ventaja de que los conflictos entre los criterios de adaptación geométricos se pueden resolver sobre la base de la estructura jerárquica. Por ejemplo, el criterio de selección de mantener un valor mínimo para el espesor del material puede ponderarse más alto que el criterio de adaptación de limitar la profundidad de penetración. Por ejemplo, si hay una contradicción entre dos criterios de adaptación, el criterio de adaptación jerárquicamente más bajo se puede suavizar, por ejemplo, en el caso de una contradicción entre el espesor de material mínimo y la profundidad de penetración máxima permitida, la profundidad de penetración máxima permitida se puede aumentar. Un criterio de adaptación violado como resultado de tal conflicto puede eliminarse, por ejemplo, en el transcurso de un ajuste fino del modelo de pieza de prótesis dental al final de cada proceso de modelado. Por ejemplo, se puede lograr una penetración deseada mediante deformación local o eliminación de material en el modelo de pieza de prótesis dental.

Según formas de realización, el cambio definido por el usuario se muestra en tiempo real. Las formas de realización pueden tener la ventaja de que un usuario ve directamente qué efectos tienen los cambios definidos por el usuario y puede adaptarlos rápida y eficazmente.

Según formas de realización, los cambios definidos por el usuario en cada caso comprenden al menos uno de los siguientes cambios definidos por una entrada de usuario interactiva: escalar una extensión del modelo de pieza de prótesis dental a lo largo de una dirección de extensión predefinida del modelo de pieza de prótesis dental, cambiar el modelo de pieza de prótesis dental en relación con el modelo de situación del paciente y rotar el modelo de pieza de prótesis dental en relación con el modelo de situación del paciente.

Según formas de realización, la entrada de los cambios definidos por el usuario comprende en cada caso seleccionar y procesar de manera interactiva al menos una zona parcial de una superficie de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental reproducido visualmente en la interfaz gráfica de usuario gráfica por medio de una herramienta de procesamiento digital interactiva proporcionada por la interfaz gráfica de usuario.

Según formas de realización, el procesamiento interactivo comprende deformar una zona parcial y/o cortar una sección

de volumen de la geometría de pieza de prótesis dental delimitada por la zona parcial.

La deformación puede tener la ventaja de que se conserva la forma general del artículo protésico dental en la mayor medida posible. Formas de realización pueden tener la ventaja de que se pueden efectuar adaptaciones locales mientras que la forma dental general se puede mantener sin cambios. En particular, de esta manera se pueden garantizar transiciones suaves entre diferentes zonas parciales de las superficies delimitadas.

El corte de una superficie de delimitación, dado el caso con un desfase, puede tener la ventaja de que la pieza de prótesis dental se cambia lo menos posible o nada fuera de la zona parcial de corte. Por ejemplo, en los dientes se pueden obtener las denominadas superficies facetarias o superficies rectificadas. Formas de realización pueden tener la ventaja de que se hacen posibles adaptaciones locales del modelo de pieza de prótesis dental, mientras que la geometría restante se puede mantener lo más inalterada posible.

Cortando y/o deformando localmente, por ejemplo, se pueden optimizar los contactos táctiles, por ejemplo, proximal y/u oclusal. Por ejemplo, se puede optimizar un contacto de mordida de una superficie delimitadora oclusal del modelo de artículo protésico dental con la superficie delimitadora oclusal de un antagonista del artículo protésico dental comprendido por el modelo de situación del paciente.

Según formas de realización, los cambios específicos del usuario se introducen con el uso de un dispositivo de entrada. El dispositivo de entrada comprende, por ejemplo, un ratón, un teclado, un panel táctil, una pantalla táctil, un lápiz o lápiz de entrada, un dispositivo de entrada háptica tridimensional y/o un dispositivo para el reconocimiento de gestos. Según formas de realización, el dispositivo de entrada se usa para controlar la herramienta de procesamiento interactivo en la interfaz gráfica de usuario. Según formas de realización, la herramienta de procesamiento digital interactivo comprende un puntero para seleccionar una zona parcial de una superficie y mover la zona parcial seleccionada en la interfaz gráfica de usuario. El movimiento se puede realizar, por ejemplo, como una función de arrastrar y soltar. El puntero puede tener cualquier configuración, en particular se puede configurar como una herramienta que simboliza las opciones de procesamiento proporcionadas por el puntero o la herramienta de procesamiento digital interactiva. Según formas de realización, el procesamiento incluye una aplicación local de material, remoción de material, alisado de fisuras y/o profundización de fisuras. Según formas de realización, se selecciona un punto de la superficie. Según formas de realización, la zona parcial se selecciona mediante una función de cepillo.

Según formas de realización, una o varias zonas parciales se definen de forma específica en función del modelo digital de pieza de prótesis dental tridimensional. Las zonas parciales incluyen, por ejemplo, cúspides, puntas de las cúspides, fisuras, superficies de masticación, etc. De acuerdo con las formas de realización, está predefinido para una o varias de las zonas parciales definidas específicamente para la función si estas son cambiables, por ejemplo, móviles o no cambiables, por ejemplo, son para conservarse en su forma y/o posición originales. De acuerdo con las formas de realización, el usuario puede especificar mediante una entrada de usuario o teclas de acceso rápido, por ejemplo, si se pueden cambiar las zonas parciales definidas específicamente para la función y/o en qué medida se pueden cambiar las zonas parciales correspondientes o si las zonas parciales correspondientes no puede ser cambiado.

De acuerdo con las formas de realización, el cambio definido por el usuario se ingresa indirectamente a través de teclas de acceso rápido, valores numéricos u otros elementos de control 2D, con un algoritmo interpuesto que ejecuta un cambio en el modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital en función de la entrada. Un cambio puede incluir, por ejemplo, un cambio en el estado del articulador, contracción, expansión y/o envejecimiento o aplanamiento de los dientes.

De acuerdo con las formas de realización, la entrada de los cambios definidos por el usuario incluye ajustar un valor de aplicación de material ajustable para aplicar o eliminar material virtualmente a la zona parcial seleccionada del primer modelo de pieza de prótesis dental, por ejemplo, una corona o una zona parcial de la corona. Según formas de realización, el valor de aplicación de material puede ser positivo, en el caso de un aumento de material, o negativo, en el caso de una disminución de material.

Formas de realización pueden tener la ventaja de que la eliminación de material y/o la aplicación de material pueden llevarse a cabo en tiempo real y ser evaluadas por el usuario. Así, por ejemplo, se puede estimar rápidamente un grosor de capa necesario para una capa de cerámica que se va a aplicar sobre la pieza de prótesis dental que se va a producir.

Una eliminación o contracción de material y una aplicación o expansión de material técnicamente no se corresponde con una incrustación. Más bien, lo que está involucrado en este sentido es un movimiento de una zona parcial de la superficie del modelo de pieza de prótesis dental por un valor de distancia que es constante sobre la zona parcial, es decir, para cada punto de la zona parcial, con respecto a un centro del modelo de pieza de prótesis dental. A este respecto, el valor de la distancia constante es independiente de la distancia al centro.

Según formas de realización, las zonas parciales predefinidas del modelo de pieza de prótesis dental se cambian mediante la eliminación de material y/o la aplicación de material. Por ejemplo, estas zonas secundarias son zonas secundarias relevantes desde el punto de vista estético que deben recubrirse, por ejemplo, con cerámica. Las zonas parciales estéticamente relevantes son las zonas parciales del modelo de pieza de prótesis dental, que corresponden a las zonas parciales de la prótesis dental a producir, que son visibles regularmente cuando la persona que dispone

la prótesis dental en la dentadura del paciente durante los movimientos normales de la boca.

Según formas de realización, la disposición del modelo de pieza de prótesis dental en la posición inicial comprende una adaptación automática del modelo de pieza de prótesis dental a un límite de preparación para la pieza de prótesis dental definido en el modelo de situación del paciente. Las formas de realización pueden tener la ventaja de que siempre se respetan los límites de preparación prescritos por el modelo de situación del paciente. De esta manera, se puede evitar en particular que, como resultado de un cambio definido por el usuario en el modelo de pieza de prótesis dental, sea necesario una mejora posterior para mantener el margen de la preparación. Un límite de preparación correspondiente puede, por ejemplo, ser determinado por el usuario al comienzo del procedimiento y adaptado a las particularidades individualizadas para el paciente del modelo de situación del paciente.

- 5
- 10 Según formas de realización, el procedimiento comprende asimismo:
- seleccionar un estado de cambio del primer modelo de pieza de prótesis dental,
 - simular un movimiento de masticación para el estado de cambio seleccionado del primer modelo de pieza de prótesis dental, en el que la simulación del movimiento de masticación comprende un cálculo de una secuencia ejecutada dinámicamente de posiciones relativas del modelo de pieza de prótesis dental a un antagonista del modelo de pieza de prótesis dental comprendido por el modelo de situación del paciente, en el que para cada una de las posiciones relativas por medio de la interfaz gráfica de usuario, el dispositivo de visualización muestra en cada caso al menos una superficie de delimitación oclusal del modelo de pieza de prótesis dental y una superficie de delimitación oclusal del antagonista.
- 15
- 20 Formas de realización pueden tener la ventaja de que se proporciona un articulador virtual, mediante el cual se pueden simular los efectos de las adaptaciones del modelo de pieza de prótesis dental sobre los movimientos de masticación dinámicos del paciente. De este modo se puede garantizar que una adaptación de la pieza de prótesis dental no solo sea adecuada para un único posicionamiento relativo con respecto a un antagonista, sino también para un posicionamiento relativo en el transcurso de un movimiento de masticación.
- 25 Según formas de realización, las posiciones relativas individuales de la secuencia dinámica se visualizan zonas parciales de la superficie de delimitación oclusal del modelo de pieza de prótesis dental que penetran la superficie de delimitación oclusal del antagonista. Según formas de realización, el movimiento de masticación es un movimiento de masticación genérico. Según formas de realización, el movimiento de masticación es un movimiento de masticación específico del paciente.
- 30 En el transcurso de la simulación del movimiento de masticación, por ejemplo, se influye en, se amplía y/o se modifica la posición del antagonista con respecto a la pieza de prótesis dental. Por ejemplo, en el transcurso de la simulación, una o varias posiciones predeterminadas que no se superponen se aproximan con trayectorias de movimiento y se adaptan a las posiciones predeterminadas correspondientes como la posición del antagonista. Este es el caso, por ejemplo, cuando un usuario selecciona una posición de movimiento de la mandíbula previamente calculada por el articulador virtual utilizando un control deslizante y luego recibe directamente un resultado para la posición correspondiente.
- 35
- Por ejemplo, en el transcurso de la simulación, se genera un nuevo antagonista virtual como superposición de las muchas posiciones antagonistas combinadas por las trayectorias de movimiento y se representa en cada caso en movimientos individuales de la mordida opuesta como una huella virtual. En este caso, se crea una nueva superficie de delimitación artificial a partir de una superficie envolvente de todas las trayectorias de movimiento de la mandíbula.
- 40
- Un articulador virtual denota una simulación digital simplificada de un articulador real, que representa un dispositivo dental para simular un movimiento de masticación con secuencias de movimiento habituales, por ejemplo, laterotrusión, erosión izquierda / derecha, retrusión, etc. Alternativamente, las trayectorias de la mandíbula también pueden cargarse desde sistemas de medición en el paciente y usarse para el movimiento del antagonista.
- 45 Formas de realización pueden tener la ventaja de que en el transcurso de la masticación se puede tener en cuenta una interacción dinámica del modelo de pieza de prótesis dental con antagonistas en la geometría de situación del paciente. En particular, el modelo de pieza de prótesis dental se puede adaptar así a diferentes situaciones de interacción.
- 50 Según formas de realización, el modelo de pieza de prótesis dental proporcionado en el estado inicial es un modelo genérico para la pieza de prótesis dental. Formas de realización pueden tener la ventaja de que se pueden utilizar modelos genéricos que definen condiciones geométricas básicas, como, por ejemplo, relaciones de distancia entre puntos del modelo de pieza de prótesis dental. En el transcurso del modelado, se puede adaptar un modelo genérico correspondiente a las particularidades de un modelo de situación de paciente individualizado para el paciente. En este sentido, las particularidades genéricas del modelo genérico subyacente pueden, por ejemplo, mantenerse. Modelos de pieza de prótesis dental genéricos correspondientes se proporcionan, por ejemplo, en forma de bibliotecas desde las que se pueden cargar.
- 55

Según formas de realización, proporcionar el modelo de parte de prótesis dental en el estado inicial incluye seleccionar

5 y copiar un diente y/o parte de diente comprendido por el modelo de situación del paciente. Según las formas de realización, proporcionar comprende asimismo la creación de reflejos. Formas de realización pueden tener la ventaja de que, para modelar una pieza de prótesis dental, ya se puede utilizar un modelo de pieza de prótesis dental que esté al menos parcialmente adaptado a las particularidades individualizadas para el paciente del modelo de situación del paciente. Un modelo de pieza de prótesis dental adaptado previamente de este tipo puede tener la ventaja de que se acorta el proceso de adaptación. Formas de realización pueden tener la ventaja de que se pueden utilizar objetos existentes específicos del paciente.

10 Según formas de realización, la provisión del modelo de pieza de prótesis dental en el estado inicial incluye seleccionar y copiar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente que ya se ha adaptado al modelo de situación del paciente. Según las formas de realización, proporcionar comprende asimismo la creación de reflejos. Formas de realización pueden tener la ventaja de que se puede recurrir a piezas de prótesis dental individualizadas para el paciente que ya se han adaptado.

15 Según formas de realización, los objetos de una dentadura de paciente comprenden uno o varios de los siguientes objetos: un diente, un muñón de diente, encía, una prótesis dental, un implante, un aparato de conexión periodontal, un localizador, una férula de mordida, una barra, una prótesis o prótesis parcial, un esquelético parcial, prótesis provisionales, empastes, incrustaciones. Un aparato de conexión periodontal describe un sistema de anclaje funcional de un diente, para el cual también se usa el término unión. Un localizador designa un elemento de conexión preconfeccionado para conectar una prótesis dental extraíble con un implante. Una férula de mordida designa un soporte a modo de prótesis adaptado al arco dentario, en particular de plástico, que se usa, por ejemplo, para el tratamiento de mioartropatías. Se utiliza una barra, por ejemplo, para colocar una prótesis de barra. La barra proporciona una función de sujeción y/o soporte para sujetar y/o soportar la prótesis de barra. Una barra de este tipo puede tener, por ejemplo, una sección transversal redonda o rectangular. Se utiliza una barra para enclavar al menos dos dientes o implantes, siendo posible que la barra se adhiera a casquillos radiculares, coronas de anclaje o superestructuras, por ejemplo. Por ejemplo, se pueden conectar varias barras entre sí.

25 Según formas de realización, el procedimiento comprende asimismo producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente con el uso de la geometría de cambio establecida como geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

30 Según formas de realización, las superficies de delimitación específicas del paciente y específicas de la pieza de prótesis dental se implementan con el uso de uno de los siguientes procedimientos: una estructura de red poligonal, en la que los vértices de la estructura de red correspondiente y/o puntos dentro de los polígonos de la estructura de red definen las superficies de delimitación correspondientes, una nube de puntos, en la que los puntos de la nube de puntos definen las superficies de delimitación correspondientes, una estructura de datos de volumen 3D que comprende una cuadrícula de vóxeles o un campo de distancia firmado en 3D.

35 Según las formas de realización, el número y el tamaño de paso de la secuencia dinámica se determina en función de una velocidad de fotogramas objetivo deseada para la animación mostrada o en función de un cambio que se espera visualmente. Esto evita cargar innecesariamente el ordenador y al mismo tiempo asegura la mejor interactividad posible. Por ejemplo, para acelerar un movimiento, se pueden calcular menos pasos intermedios. Por el contrario, para acelerar un movimiento de ajuste fino, se pueden calcular más pasos intermedios.

40 Formas de realización pueden tener la ventaja de que, por un lado, se puede garantizar un alto grado de interactividad, mientras que, por otro lado, se puede reducir el esfuerzo informático en el lado del ordenador. Además, al reducir el número de pasos intermedios, se puede aumentar la ejecución de la secuencia dinámica, lo que permite adaptar más rápidamente el modelo de pieza de prótesis dental.

45 Según formas de realización, las zonas predefinidas del modelo de pieza de prótesis dental se mantienen fuera de una superficie límite. Superficies límite correspondientes están, por ejemplo, predefinidas o pueden ser ajustadas por el usuario. Formas de realización pueden tener la ventaja de que únicamente se deforma elásticamente una zona de transición de tamaño limitado fuera de las zonas predefinidas. Por ejemplo, para poder tirar de la punta de la cúspide de un diente hasta que esté dispuesta en una posición adecuada en la superficie oclusal de la mandíbula opuesta, la propia cúspide del diente no se deformará demasiado si es una zona predefinida correspondiente.

50 Según formas de realización, los modelos de pieza de prótesis dental dispuestos uno al lado del otro en la misma mandíbula o en mandíbulas opuestas se influyen entre sí para obtener una forma óptima en términos de tecnología dental. En este sentido, por ejemplo, se puede dar prioridad al maxilar superior sobre el maxilar inferior y las piezas de prótesis dentales que se disponen en la parte delantera de la dentadura pueden tener prioridad sobre las piezas de prótesis dentales que se disponen más atrás por motivos estéticos. Por ejemplo, puede haber formas mixtas en las que la prioridad se define como un porcentaje. Se puede determinar cuál de las dos prótesis dentales que se influyen mutuamente debe conservarse más y cuál menos. Formas de realización pueden tener la ventaja de que, al establecer prioridades, se pueden resolver conflictos entre adaptaciones de modelos de pieza de prótesis dental que se influyen mutuamente.

Según formas de realización, una o varias piezas de prótesis dentales seleccionadas por el usuario se sujetan sobre

una superficie de delimitación del modelo de paciente, posiblemente con un desplazamiento, o se adhieren a ella. Por ejemplo, en ciertos puntos se puede reforzar una superficie de contacto entre una prótesis dental y un antagonista. Al mismo tiempo, otras partes de prótesis dentales se pueden poner opcionalmente fuera de contacto con la misma superficie delimitadora, posiblemente con un desplazamiento, por ejemplo para dejar suficiente distancia para las puntas de las cúspides o fisuras de la parte de prótesis dental correspondiente al antagonista. Formas de realización pueden tener la ventaja de que se pueden cumplir diferentes requisitos de adaptación a diferentes zonas parciales de un modelo de pieza de prótesis dental y/o diferentes modelos de pieza de prótesis dental.

Según formas de realización, el usuario puede definir superficies límite para superficies de delimitación individualizadas para el paciente y/o específicas de la prótesis dental a través de objetos generados geométricos. Por ejemplo, una superficie límite digital se puede cargar y colocar en forma de plano, por ejemplo en forma de superficie curva Spee-Wilson. Asimismo, se puede cargar una superficie límite digital, por ejemplo, desde una biblioteca. Por ejemplo, un domo se carga desde una biblioteca y se coloca. Una calota sirve como ayuda de montaje para mandíbulas edéntulas o para montajes dentales prefabricados para el maxilar opuesto, lo que puede ser ventajoso, por ejemplo, en prótesis completas. Las formas de realización pueden tener la ventaja de que pueden hacer que el modelado sea más eficiente y efectivo. En particular, se puede simplificar la adición de elementos adicionales.

Según formas de realización, una de las superficies de delimitación individualizadas para el paciente se define como una superficie de grosor mínimo para una superficie de delimitación individualizada para el paciente, por ejemplo, un muñón de diente, pieza de implante dental y/o parte de pilar dental. En este sentido, por ejemplo, se puede definir una superficie de compensación en un muñón de diente, se puede cargar una superficie de grosor mínimo u opcionalmente, se puede establecer una superficie de compensación generada específicamente para el material.

Según formas de realización, una forma existente físicamente se tiene absolutamente en cuenta y se adapta sobre la marcha si se excede la forma. La adaptación se produce, por ejemplo, cortando y/o teniendo en cuenta una morfología predefinida, tal como una morfología dental, a un espacio libre disponible dentro de la forma físicamente predeterminada. Esto puede ser ventajoso para dientes protésicos totales, por ejemplo. Según formas de realización, esto se puede implementar cargando una zona adicional para cada pieza de prótesis dental, moviéndola siempre con la pieza de prótesis dental o con respecto a la pieza de prótesis dental, y sirviendo como delimitación de la geometría de pieza de prótesis dental actualmente modelada. Se puede cargar una superficie correspondiente, por ejemplo, de una biblioteca de preformas, es decir, por ejemplo, una biblioteca de formas para el uso de piezas en bruto con una conexión de implante prefabricada, o una biblioteca de dientes de prótesis total.

Formas de realización pueden tener la ventaja de que las preformas en interacción con el modelo de pieza de prótesis dental también pueden tenerse en cuenta de forma eficaz y eficiente. Formas de realización pueden tener la ventaja de que los cambios en la biblioteca se pueden implementar de manera eficaz y eficiente. En particular, formas de realización pueden garantizar que se pueda adoptar una adaptación que ya haya tenido lugar y que no sea necesario comenzar de nuevo desde cero.

Según formas de realización, se puede cambiar una biblioteca, intercambiándose un primer modelo de pieza de prótesis dental de una primera biblioteca por un segundo modelo de pieza de prótesis dental de una segunda biblioteca. Según formas de realización, una geometría de cambio actual del primer modelo de pieza de prótesis dental se transfiere al segundo modelo de pieza de prótesis dental. Esto puede comprender, por ejemplo, un posicionamiento así como una forma, por ejemplo, posición de las cúspides, fisuras u otros puntos de contacto del primer modelo de pieza de prótesis dental. Formas de realización pueden tener la ventaja de que no todas las adaptaciones tienen que llevarse a cabo de nuevo cuando se cambia la biblioteca.

Según formas de realización, mediante la interfaz gráfica de usuario se muestran varios modelos de prótesis dentales de diferentes bibliotecas para la misma prótesis dental. Formas de realización pueden tener la ventaja de que para la misma pieza de prótesis dental se pueden mostrar y mover o cambiar simultáneamente modelos de varias prótesis dentales simultáneamente. La adaptación y visualización se pueden realizar mediante visualización en pantalla dividida o al mismo tiempo en forma de superposición, por ejemplo, transparente y/o con diferentes colores.

Formas de realización pueden tener la ventaja de que pueden tenerse en cuenta simultáneamente diferentes bibliotecas. Esto permite ejecutar una y la misma adaptación para varias bibliotecas al mismo tiempo, de modo que al final se pueden generar resultados de adaptación idénticos para diferentes bibliotecas y se puede hacer una selección a partir de estas. En particular, puede tener lugar así una adaptación que está optimizada no solo para una, sino para varias y/o todas las bibliotecas mostradas al mismo tiempo.

Según formas de realización, el artículo de prótesis dental es un puente que se carga desde una biblioteca de puentes, por ejemplo. Formas de realización pueden tener la ventaja de que una posición relativa y/o tamaño de un diente individual o una pluralidad de dientes abarcados por el puente están predeterminados de forma fija. Esto puede resultar ventajoso, por ejemplo, para una prótesis completa de molares. Según formas de realización, estos molares se cargan juntos y se fijan entre sí en cuanto a tamaño y posición. Según formas de realización, los puentes dentales completos se almacenan juntos como una superficie.

Formas de realización pueden tener la ventaja de que, en el caso de puentes y/o piezas de puentes, la adaptación se puede

simplificar y acelerar, dado que estos se proporcionan y adaptan como un objeto o modelo de pieza de prótesis dental.

Según formas de realización, el modelo de pieza de prótesis dental, que se carga, por ejemplo, de una biblioteca, incluye una pieza de encía. Las formas de realización pueden tener la ventaja de que una parte de la encía también se incluye directamente en el modelo de pieza de prótesis dental y, por ejemplo, puede deformarse y/o moverse junto con un cambio en la forma del diente del modelo de pieza de prótesis dental. Según formas de realización, el modelo de pieza de prótesis dental con una porción gingival es un modelo de puente que se carga desde una biblioteca de puentes, por ejemplo.

Después del moldeado, se genera automáticamente un componente gingival digital, por ejemplo sobre la marcha, para un modelo de pieza de prótesis dental determinado. Por ejemplo, se crea una parte de la encía donde hay demasiada distancia entre las superficies de delimitación proximales o donde hay demasiada distancia desde la mandíbula del paciente. Las formas de realización pueden tener la ventaja de que los huecos de las encías se pueden prevenir o rellenar automáticamente. Formas de realización pueden tener la ventaja de que una parte de la encía también puede tenerse en cuenta de manera eficaz y eficiente al adaptar modelos de pieza de prótesis dental.

Según formas de realización, las transformaciones y deformaciones de los dientes frontales tienen lugar de forma simétrica. Por ejemplo, las transformaciones y deformaciones se reflejan simétricamente. Formas de realización pueden tener la ventaja de que se puede implementar una adaptación simétrica para los dientes anteriores.

Según formas de realización, el procedimiento comprende simular el envejecimiento o cuasiabrasión de los dientes. Con el creciente grado de envejecimiento, por ejemplo, las fisuras aumentan cada vez más, las cúspides de los dientes se bajan cada vez más y/o las superficies de masticación se aplanan cada vez más. El grado de envejecimiento se puede introducir, por ejemplo, como un cambio definido por el usuario mediante un valor ajustable. Esto permite controlar un proceso de envejecimiento dental simulado heurísticamente, por ejemplo sobre la marcha. Formas de realización pueden tener la ventaja de que los procesos de envejecimiento pueden tenerse en cuenta de forma eficaz y eficiente en el transcurso del modelado.

La invención comprende asimismo un producto de programa informático para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, que comprende un medio de almacenamiento no volátil legible por ordenador con instrucciones de programa legibles por ordenador para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, en el que una ejecución de las instrucciones de programa por un procesador de un sistema informático provoca que el sistema informático ejecute un procedimiento para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, que comprende:

- proporcionar un modelo de situación del paciente digital tridimensional, en donde el modelo de situación del paciente define superficies de delimitación específicas del paciente de uno o varios objetos de una dentadura del paciente, que definen una geometría de situación del paciente a la que ha de adaptarse la pieza de prótesis dental en el transcurso del modelado,
- proporcionar un modelo de pieza de prótesis dental digital tridimensional en un estado inicial, definiendo el modelo de pieza de prótesis dental superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental de la pieza de prótesis dental que definen una geometría de pieza de prótesis dental,

en el que el modelo de pieza de prótesis dental en el estado inicial presenta una geometría de pieza de prótesis dental en forma de una geometría inicial,

- proporcionar uno o varios criterios de adaptación geométricos definidos con el uso de las superficies de delimitación específicas del paciente, que han de cumplirse por las superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental en el transcurso de una adaptación individualizada para el paciente de la geometría de la pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente,
- adaptar de manera individualizada para el paciente la geometría de la pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente del modelo de situación del paciente,

en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende una disposición del modelo de pieza de prótesis dental en una posición inicial proporcionada por el modelo de situación del paciente para la pieza de prótesis dental, en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende asimismo una ejecución interactiva repetida de cambios definidos por el usuario en el modelo de pieza de prótesis dental dispuesto, en el que el modelo de pieza de prótesis dental, en el transcurso de cada uno de los cambios definidos por el usuario, atraviesa dinámicamente en cada caso una secuencia de estados intermedios hasta que se alcanza un estado de cambio resultante del respectivo cambio definido por el usuario, en el que para cada uno de los estados intermedios correspondientes, así como el estado de cambio resultante, se calcula en cada caso automáticamente a partir de la geometría inicial del modelo de pieza de prótesis dental una geometría de estado específica del estado del modelo de pieza de prótesis dental manteniendo los criterios de adaptación geométricos,

en el que cada uno de los cambios definidos por el usuario se visualiza por medio de una interfaz gráfica de usuario

en un dispositivo de visualización, en el que la visualización del respectivo cambio definido por el usuario comprende en cada caso una visualización del paso dinámico a través de la respectiva secuencia de estados intermedios hasta que el modelo de pieza de prótesis dental alcanza el estado de cambio respectivo con las respectivas geometrías de estado específicas de estado calculadas para ello,

- 5 • establecer una geometría de cambio resultante de la adaptación individualizada para el paciente del modelo de pieza de prótesis dental como geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente que se usará para producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

10 Según las formas de realización, el producto de programa informático está configurado para ejecutar una o varias de las formas de realización mencionadas anteriormente del procedimiento para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

15 La invención comprende asimismo un sistema informático para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, comprendiendo el sistema informático un medio de almacenamiento, un procesador, un dispositivo de entrada y un dispositivo de visualización, en el que están almacenadas instrucciones de programa legibles por ordenador en el medio de almacenamiento para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, en el que una ejecución de las instrucciones de programa por parte del procesador del sistema informático hace que el sistema informático ejecute un procedimiento para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, que comprende:

- 20 • proporcionar un modelo de situación del paciente digital tridimensional, en donde el modelo de situación del paciente define superficies de delimitación específicas del paciente de uno o varios objetos de una dentadura del paciente, que definen una geometría de situación del paciente a la que ha de adaptarse la pieza de prótesis dental en el transcurso del modelado,
- 25 • proporcionar un modelo de pieza de prótesis dental digital tridimensional en un estado inicial, definiendo el modelo de pieza de prótesis dental superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental de la pieza de prótesis dental que definen una geometría de pieza de prótesis dental,

en el que el modelo de pieza de prótesis dental en el estado inicial presenta una geometría de pieza de prótesis dental en forma de una geometría inicial,

- 30 • proporcionar uno o varios criterios de adaptación geométricos definidos con el uso de las superficies de delimitación específicas del paciente, que han de cumplirse por las superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental en el transcurso de una adaptación individualizada para el paciente de la geometría de la pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente,
- 35 • adaptar de manera individualizada para el paciente la geometría de la pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente del modelo de situación del paciente,

40 en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende una disposición del modelo de pieza de prótesis dental en una posición inicial proporcionada por el modelo de situación del paciente para la pieza de prótesis dental, en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende asimismo una ejecución interactiva repetida de cambios definidos por el usuario en el modelo de pieza de prótesis dental dispuesto, en el que el modelo de pieza de prótesis dental, en el transcurso de cada uno de los cambios definidos por el usuario, atraviesa dinámicamente en cada caso una secuencia de estados intermedios hasta que se alcanza un estado de cambio resultante del respectivo cambio definido por el usuario, en el que para cada uno de los estados intermedios correspondientes, así como el estado de cambio resultante, se calcula en cada caso automáticamente a partir de la geometría inicial del modelo de pieza de prótesis dental una geometría de estado específica del estado del modelo de pieza de prótesis dental manteniendo los criterios de adaptación geométricos,

45 en el que cada uno de los cambios definidos por el usuario se visualiza por medio de una interfaz gráfica de usuario en el dispositivo de visualización, en el que la visualización del respectivo cambio definido por el usuario comprende en cada caso una visualización del paso dinámico a través de la respectiva secuencia de estados intermedios hasta que el modelo de pieza de prótesis dental alcanza el estado de cambio respectivo con las respectivas geometrías de estado específicas de estado calculadas para ello,

- 50 • establecer una geometría de cambio resultante de la adaptación individualizada para el paciente del modelo de pieza de prótesis dental como geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente que se usará para producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

55 Según formas de realización, el sistema informático está configurado para llevar a cabo una o varias de las formas de realización mencionadas anteriormente del procedimiento para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

La invención comprende asimismo un sistema de procesamiento para producir una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, comprendiendo el sistema de procesamiento un sistema informático según una de

las formas de realización mencionadas anteriormente así como un dispositivo de procesamiento para producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente a partir de material de prótesis dental con el uso de la geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

5 A continuación, se explican con más detalle formas de realización de la invención con referencia a los dibujos. Muestran:

- La figura 1 un diagrama de bloques esquemático de un sistema informático a modo de ejemplo para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente,
- 10 la figura 2 un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento a modo de ejemplo para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente
- la figura 3 un diagrama de bloques esquemático de un sistema de procesamiento a modo de ejemplo para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente,
- 15 la figura 4 un diagrama de bloques esquemático de un sistema de procesamiento a modo de ejemplo para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente,
- la figuras 5 A-C modelos de pieza de prótesis dental y modelos de situación del paciente a modo de ejemplo,
- 20 las figuras 6 A-C adaptaciones a modo de ejemplo de un modelo de pieza de prótesis dental,
- las figuras 7 A-E una adaptación a modo de ejemplo de un modelo de pieza de prótesis dental,
- 25 las figuras 8 A-E una adaptación a modo de ejemplo de un modelo de pieza de prótesis dental,
- las figuras 9A-D una adaptación a modo de ejemplo de un modelo de pieza de prótesis dental, las figuras 10A-D una adaptación a modo de ejemplo de un modelo de pieza de prótesis dental, las figuras 11 A-C adaptaciones a modo de ejemplo de modelos de pieza de prótesis dental y modelos de situación del paciente,
- 30 la figura 12 una situación de penetración a modo de ejemplo de modelos de pieza de prótesis dental y modelos de situación del paciente,
- 35 las figuras 13 A-C una cuasiabrasión a modo de ejemplo de modelos de pieza de prótesis dental,
- las figuras 14 A-C una cuasiabrasión a modo de ejemplo de modelos de pieza de prótesis dental,
- las figuras 15 A-C una cuasiabrasión a modo de ejemplo de un modelo de pieza de prótesis dental,
- 40 las figuras 16 A-C una cuasiabrasión a modo de ejemplo de un modelo de pieza de prótesis dental
- las figuras 17A-C una cuasiabrasión a modo de ejemplo de modelos de pieza de prótesis dental y
- las figuras 18A-C una cuasiabrasión a modo de ejemplo de modelos de pieza de prótesis dental.

45 Elementos de las siguientes formas de realización que se corresponden entre sí se identifican con los mismos símbolos de referencia.

50 La figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema informático 100 para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. El sistema informático 100 comprende un componente de hardware 102 con uno o varios procesadores así como uno o varios medios de almacenamiento. Las instrucciones de programa legibles por ordenador para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente se almacenan en uno o varios de los medios de almacenamiento. Una ejecución de las instrucciones de programa por uno o varios de los procesadores del componente de hardware 102 provoca que el sistema informático 100 ejecute un procedimiento para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. El sistema informático 100 comprende asimismo un dispositivo de visualización 108 para visualizar una interfaz gráfica de usuario 110.

55 El sistema informático 100 comprende asimismo dispositivos de entrada, tales como, por ejemplo, un teclado 104 y un ratón 106, para ejecutar una entrada de usuario interactiva. La interfaz gráfica de usuario 110 comprende elementos operativos 112 que, con el uso de los dispositivos de entrada 104, 106, se pueden usar para seleccionar ajustes para modelar un modelo de pieza de prótesis dental 114 tridimensional digital. En la interfaz gráfica de usuario 110 se muestra asimismo un modelo de pieza de prótesis dental 114 tridimensional digital, que el usuario puede adaptar a un modelo de situación del paciente 118 también proporcionado en la interfaz gráfica de usuario con el uso de los dispositivos de entrada 104, 106. El modelo de pieza de prótesis dental 114 está definido por superficies de delimitación 116 específicas de pieza de prótesis dental que definen una geometría de pieza de prótesis dental. El

modelo de situación del paciente 118 define una geometría de situación del paciente con sus superficies de delimitación 120 individualizadas para el paciente. Las superficies de delimitación 120 individualizadas para el paciente del modelo de situación del paciente son superficies de delimitación de uno o varios objetos de la dentadura de un paciente. Asimismo, la interfaz gráfica de usuario comprende, por ejemplo, una herramienta de procesamiento digital 122, que permite al usuario, con el uso de los dispositivos de entrada 104, 106, seleccionar y procesar o modificar de manera definida por el usuario, el modelo de pieza de prótesis dental 114 y/o zonas parciales del modelo de pieza de prótesis dental 114. Los cambios correspondientes definidos por el usuario incluyen, por ejemplo, mover, rotar y/o escalar el modelo de pieza de prótesis dental 114. Las instrucciones de programa legibles por ordenador definen asimismo criterios de adaptación geométricos para la modificación definida por el usuario del modelo de pieza de prótesis dental 114, que han de cumplirse. En otras palabras, solo se permiten aquellos cambios que cumplan los criterios de adaptación geométricos predefinidos. Si el usuario cambia el modelo de pieza de prótesis dental con el uso de los dispositivos de entrada 104, 106, por ejemplo, movido con respecto al modelo de situación del paciente, el cambio correspondiente se muestra entonces en la interfaz de usuario 110 como una secuencia dinámica de estados intermedios del modelo de pieza de prótesis dental 114, que se ejecuta hasta que se alcanza un estado de cambio correspondiente a los cambios definidos por el usuario introducidos. En otras palabras, el usuario puede mover, rotar y/o escalar el modelo de pieza de prótesis dental dentro de la interfaz gráfica de usuario 110 con relación al modelo de situación del paciente 120, mostrándose los cambios correspondientes en tiempo real como secuencias de imágenes dinámicas.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento a modo de ejemplo para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. En el bloque 200, se proporciona un modelo de situación del paciente digital tridimensional. El modelo de situación del paciente define las superficies de delimitación específicas del paciente de uno o varios objetos de la dentadura de un paciente. En otras palabras, el modelo de situación del paciente reproduce una situación inicial en la dentadura de un paciente, a la que se ha de adaptar la pieza de prótesis dental en el transcurso del modelado. Las superficies de delimitación individualizadas para el paciente definen una estructura de superficie o geometría de situación del paciente. El modelo de situación del paciente o las superficies de delimitación se describen, por ejemplo, por medio de una estructura de red poligonal, por ejemplo por medio de triángulos, por medio de una nube de puntos, por medio de una estructura de datos de volumen 3D o por medio de un campo de distancia firmado en 3D. El modelo de situación del paciente se genera, por ejemplo, midiendo los dientes del paciente u objetos de los dientes del paciente directamente en la boca del paciente o indirectamente midiendo al menos una impresión o modelo de los dientes del paciente u objetos de los dientes del paciente, por ejemplo de yeso o plástico. Por ejemplo, en la medición se pueden utilizar grabaciones de rayos X, grabaciones tomosintéticas y/o grabaciones tomográficas computarizadas. Asimismo, el modelo de situación del paciente puede comprender uno o varios modelos de pieza de prótesis dental tridimensionales digitales ya modelados, es decir, objetos que ya están colocados para su uso en o sobre la dentadura del paciente y que también deben tenerse en cuenta en la adaptación de la pieza de prótesis dental en el transcurso del modelado.

En el bloque 202, se proporciona un modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital en un estado inicial. Al igual que el modelo de situación del paciente, el modelo de pieza de prótesis dental también se define mediante superficies de delimitación, es decir, superficies de delimitación específicas de pieza de prótesis dental. Estas superficies de delimitación describen una geometría de pieza de prótesis dental. El modelo de pieza de prótesis dental o las superficies de delimitación se describen, por ejemplo, por medio de una estructura de red poligonal, por ejemplo por medio de triángulos, por medio de una nube de puntos, por medio de una estructura de datos de volumen 3D o por medio de un campo de distancia firmado en 3D. El modelo de pieza de prótesis dental puede ser, por ejemplo, un modelo genérico, por ejemplo de un diente, que se carga desde una biblioteca, una copia de un objeto comprendido por el modelo de situación del paciente, una copia de un diente específico del paciente ya adaptado modelo de pieza de prótesis dental, o un modelo específico del paciente parcialmente adaptado modelo de pieza de prótesis dental. En el estado inicial, el modelo de pieza de prótesis dental tiene una geometría de pieza de prótesis dental en forma de geometría inicial.

En el bloque 204, se establecen uno o varios criterios de adaptación geométricos definidos con el uso de las superficies de delimitación específicas del paciente. Estos criterios de adaptación han de mantenerse por las superficies de delimitación específicas de pieza de prótesis dental en el transcurso de una adaptación individualizada para el paciente de la geometría de pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente. En otras palabras, solo se permiten adaptaciones de la geometría de pieza de prótesis dental que cumplan con los criterios de adaptación, o se implementan cambios definidos por el usuario para adaptar la geometría de pieza de prótesis dental de tal forma que cumplan los criterios de adaptación. Los criterios de adaptación definen, por ejemplo, una distancia o desplazamiento positivo y/o negativo máximo y/o mínimo admisible entre una superficie de delimitación individualizada para el paciente y una superficie de delimitación específica de la pieza de prótesis dental. Asimismo, los criterios de adaptación definen, por ejemplo, un espesor de material mínimo admisible, es decir, un desplazamiento mínimo admisible entre dos superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental. Si un cambio definido por el usuario, por ejemplo, un desplazamiento del modelo de pieza de prótesis dental con respecto al modelo de situación del paciente, llevara a que se violara un criterio de adaptación, por ejemplo, en el sentido de que una superficie de delimitación específica de la pieza de prótesis dental penetrara en una superficie de delimitación individualizada para el paciente y una superficie de delimitación individualizada para el paciente, se excedería la compensación negativa máxima admisible, el cambio solo se realiza en la medida en que se implemente dado que es compatible con el criterio de adaptación. En el caso

de desplazamiento, esto conduce, por ejemplo, al aquellas superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental que han alcanzado un estado de desplazamiento máximo admisible con respecto a los criterios de adaptación, con respecto a una superficie de delimitación individualizada para el paciente, ya no pueden ser desplazadas más con respecto a la superficie de delimitación individualizada para el paciente correspondiente. Las superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental que no entran en conflicto con uno de los criterios de adaptación, por ejemplo, aún no han alcanzado un estado de desplazamiento máximo admisible, se pueden desplazar más, lo que conduce a una deformación de la geometría de pieza de prótesis dental. En este sentido, la deformación tiene lugar, por ejemplo, de tal manera que las relaciones geométricas básicas de la geometría de pieza de prótesis dental, es decir, las propiedades características de la forma de la pieza de prótesis dental, se mantienen en la medida de lo posible. Las relaciones geométricas básicas de la geometría de pieza de prótesis dental pueden comprender, por ejemplo, relaciones de espaciado, relaciones de curvatura, etc. Los criterios de adaptación pueden, por ejemplo, ser predefinidos y/o ajustados por el usuario. Una deformación de la geometría de pieza de prótesis dental se puede calcular con el uso, por ejemplo, de un procedimiento de deformación de Laplace.

En el bloque 206 tiene lugar una adaptación individualizada para el paciente de la geometría de pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente del modelo de situación del paciente. Para ello, el modelo de pieza de prótesis dental se dispone en una posición inicial proporcionada por el modelo de situación del paciente para la pieza de prótesis dental. Asimismo, los cambios interactivos definidos por el usuario se ejecutan repetidamente en el modelo de pieza de prótesis dental dispuesto. Estos cambios incluyen, por ejemplo, escalar una extensión del modelo de pieza de prótesis dental a lo largo de una dirección de extensión predefinida del modelo de pieza de prótesis dental, cambiar el modelo de pieza de prótesis dental en relación con el modelo de situación del paciente y/o rotar el modelo de pieza de prótesis dental en relación con al modelo de situación del paciente. Por ejemplo, al menos una zona parcial de una superficie de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental reproducida visualmente en la interfaz gráfica de usuario se selecciona y se procesa interactivamente por medio de una herramienta de procesamiento digital interactiva proporcionada por la interfaz gráfica de usuario.

A este respecto, en el transcurso de cada uno de los cambios definidos por el usuario, el modelo de pieza de prótesis dental se ejecuta en cada caso dinámicamente a través de una secuencia de estados intermedios hasta que se alcanza un estado de cambio resultante del respectivo cambio definido por el usuario. Para cada uno de los estados intermedios correspondientes así como el estado de cambio resultante, a partir de la geometría inicial del primer modelo de pieza de prótesis dental, se calcula en cada caso automáticamente una geometría de estado específica del estado del modelo de pieza de prótesis dental en el estado intermedio o estado de cambio correspondiente manteniendo los criterios de adaptación geométricos. Cada uno de los cambios definidos por el usuario se muestra en un dispositivo de visualización por medio de una interfaz gráfica de usuario. Los cambios definidos por el usuario se muestran, por ejemplo, simultáneamente con su entrada. La visualización del respectivo cambio definido por el usuario incluye en cada caso la visualización del paso dinámico a través de la respectiva secuencia de estados intermedios hasta que el respectivo estado de cambio es alcanzado por el primer modelo de pieza de prótesis dental con las respectivas geometrías de estado específicas del estado calculadas para este propósito. El número y el tamaño del paso de los estados intermedios incluidos en la secuencia dinámica pueden ser predefinidos y/o establecidos por el usuario. Según formas de realización, se puede adaptar automáticamente en función de la potencia de cálculo disponible del sistema informático.

En el bloque 208, se usa una geometría de cambio resultante de la adaptación individualizada para el paciente del primer modelo de pieza de prótesis dental para proporcionar una geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente para la producción de la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. Por ejemplo, la geometría de cambio resultante se utiliza como geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente para la pieza de prótesis dental que se va a producir. Para este propósito, por ejemplo, en respuesta a un comando de salida del usuario para generar la pieza de prótesis dental construida, un registro de datos digitales con geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente para la producción automatizada de la pieza de prótesis dental físico, un producto semiacabado de pieza de prótesis dental terminada o un prototipo de la pieza de prótesis dental hecha de material de prótesis dental, por ejemplo, material de restauración dental. La producción automatizada tiene lugar, por ejemplo, mediante procedimientos de CAM o procedimientos rápidos de prototipado, tales como, por ejemplo, el fresado CNC o la impresión 3D. Una pieza de prótesis dental semiacabada es un producto semiacabado que tiene una forma similar a la de una prótesis dental y a partir del cual se fabrica la prótesis dental mediante etapas de procesamiento posteriores, por ejemplo, manuales.

Según formas de realización alternativas, proporcionar la geometría de cambio resultante incluye transferir esta geometría de cambio resultante a un segundo modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital de la misma pieza de prótesis dental. Este segundo modelo de pieza de prótesis dental tiene una resolución más alta que el primer modelo de pieza de prótesis dental. El procedimiento descrito anteriormente puede repetirse entonces para este segundo modelo de pieza de prótesis dental, estando definido el estado inicial del segundo modelo de pieza de prótesis dental o por un estado inicial genérico, es decir, independiente de la geometría modificada adoptada, o por la geometría modificada adoptada. Independientemente de la geometría de cambio adoptada, aquí significa que la geometría de cambio adoptada se trata como un cambio inicial definido por el usuario.

La figura 3 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de procesamiento 160 para producir una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. El sistema de procesamiento 160 comprende un sistema

informático 100 para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente según la figura 1. Las instrucciones de programa legibles por ordenador del sistema informático 100 están configuradas asimismo para producir un dispositivo de procesamiento 130 para producir la pieza de prótesis dental 140 individualizada para el paciente a partir de material de prótesis dental o material de restauración dental 138 de una pieza en bruto 136. Para la producción, por ejemplo, se usa una geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, que es el resultado del modelado de la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente con el uso del ordenador 100. La geometría de pieza de prótesis dental correspondiente se proporciona, por ejemplo, como modelo en serie y el sistema informático 100 controla el dispositivo de procesamiento 130, que es, por ejemplo, un dispositivo de procesamiento CAM, de acuerdo con la geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. A este respecto, el dispositivo de mecanizado 130 se controla, por ejemplo, de tal manera que una pieza de prótesis dental 140 se mecaniza a partir de la pieza en bruto 136 con una herramienta de mecanizado 132 con el uso de un procedimiento de mecanizado, cuya geometría corresponde a la geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. Para este propósito, el dispositivo de procesamiento 130 proporciona la pieza en bruto 136, que se sujeta mediante un dispositivo de sujeción 134.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de procesamiento alternativo 160 que, además de un sistema informático 100, que corresponde al sistema informático 100 de la figura 1, una impresora 3D 150 que permite un dispositivo de procesamiento para producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente 140 a partir del material de prótesis dental con el uso de la geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente proporcionada por el sistema informático 100. La impresora 3D 150 comprende un elemento de impresión 152 con el que el material de prótesis dental se imprime por capas, de modo que la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente 140 se crea de acuerdo con la geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

Las Figuras 5A a 5C muestran diferentes tipos de modelos de situación del paciente 118 que se usan para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente. La figura 5A muestra una situación en la que el modelo de situación del paciente 118 se basa en una exploración de uno o varios objetos de la dentadura de un paciente. El modelo de situación del paciente 118 está definido por las superficies de delimitación 120 individualizadas para el paciente escaneadas. A este respecto, se puede escanear directamente en las superficies de delimitación 120 de los objetos correspondientes o un escaneo de una impresión negativa o positiva de los objetos reales de los dientes del paciente. Un modelo de pieza de prótesis dental 114 tridimensional digital, que está definido por superficies de delimitación 116, se adapta a este modelo de situación del paciente 118. La figura 5B muestra una situación en la que los objetos de la dentadura del paciente son modelos de pieza de prótesis dental tridimensionales digitales ya modelados con superficies de delimitación modeladas 121, que forman el modelo de situación del paciente 118 y al que se adapta el modelo de pieza de prótesis dental 114. Finalmente, la figura 5C muestra un modelo de situación del paciente 118 que se define a partir de una combinación de superficies de delimitación 120 individualizadas para el paciente escaneadas y superficies de delimitación 121 modeladas de un modelo de pieza de prótesis dental tridimensional modelado para la dentadura del paciente. El modelo de pieza de prótesis dental 114 tridimensional digital se adapta individualmente al paciente a este modelo de situación del paciente.

Las figuras 6A a 6C muestran una modificación a modo de ejemplo definida por el usuario de un modelo de pieza de prótesis dental 114 que define superficies de delimitación 116 específicas para prótesis dentales. El ejemplo de cambio definido por el usuario implica el escalado, en el que se retiene un lado opuesto de la geometría de pieza de prótesis dental. El escalado tiene lugar, por ejemplo, a lo largo de un eje principal del diente, que puede ser, por ejemplo, un eje oclusal, un eje mesial o un eje bucal. La figura 6B muestra una situación inicial de la geometría de pieza de prótesis dental, la figura 6A muestra un escalado reducido a lo largo del eje oclusal de las geometrías de pieza de prótesis dental correspondiente, mientras que la figura 6C muestra un escalado de las geometrías de pieza de prótesis dental ampliado a lo largo del eje oclusal.

Las figuras 7A a 7E muestran una deformación por etapas de un modelo de pieza de prótesis dental 114 para un diente anterior, teniendo en cuenta un criterio de adaptación en forma de un grosor mínimo predeterminado. El grosor mínimo se presenta por la superficie límite 170, que las superficies de delimitación específicas de la prótesis dental 116, en este caso la superficie de delimitación bucal, no deben sobrepasar. Si el modelo de pieza de prótesis dental 114 se dispone en la superficie límite 170, este puede, por ejemplo, en una zona posterior que no está abarcada por la superficie de delimitación bucal, sobresalir del modelo de pieza de prótesis dental 114. De esta manera, la zona 172 de la superficie límite 170 penetra en el modelo de pieza de prótesis dental 114. Si el diente anterior o el modelo de pieza de prótesis dental 114 del diente anterior se desplaza en la dirección lingual, esto lleva a una deformación del diente anterior en la que el diámetro aumenta en la dirección lingual, dado que la superficie de delimitación bucal del modelo de pieza de prótesis dental 114 no puede exceder la superficie límite predeterminada 170. En este sentido, la superficie límite 170 está visiblemente completamente cerrada. En las Figuras 8A a 8E se muestra una situación correspondiente para un molar, es decir, un premolar o un molar. De nuevo, el grosor mínimo se define por una superficie límite 170, que en este caso tiene la forma de un diente. Si el modelo de pieza de prótesis dental 114 se desplaza en la dirección oclusal, la superficie oclusal como superficie de delimitación 116 no debe penetrar en la superficie límite 170 predefinida de acuerdo con el criterio de adaptación, lo que da como resultado un aplanamiento de las cúspides y un alargamiento del modelo de pieza de prótesis dental 114 en dirección oclusal. En primer lugar, una zona 172 de la superficie límite 170 puede penetrar el modelo de pieza de prótesis dental 114 por debajo de la superficie oclusal. En cambio, si el modelo de pieza de prótesis dental 114 se desplaza tanto hacia abajo en la dirección

oclusal que la superficie oclusal entra en la zona de la superficie límite 170, la superficie oclusal se empuja sobre la superficie límite 170 y las penetraciones 172 desaparecen.

5 Las figuras 7B a 7E y 8B a 8E ilustran además en cada caso una secuencia dinámica que, en el transcurso de un cambio definido por el usuario en la geometría de cambio del modelo de pieza de prótesis dental 114 mostrada en la figura 7E o la figura 8E, respectivamente.

10 Las figuras 9A a 9D muestran una adaptación de un modelo de pieza de prótesis dental 114 para un diente anterior a un antagonista comprendido por un modelo de situación del paciente 118, teniendo en cuenta un criterio de adaptación de acuerdo con el cual no puede producirse ninguna penetración entre el modelo de pieza de prótesis dental 114 que se va a adaptar y el antagonista del modelo de situación del paciente 118. Como en el caso de las figuras 7A a 7E, esto da como resultado un aumento del diámetro del diente anterior en la dirección lingual, mientras que al mismo tiempo la superficie de delimitación bucal del modelo de pieza de prótesis dental 114 se mantiene casi sin cambios. Las figuras 9A a 9B ilustran una secuencia dinámica que se produce en el transcurso de un cambio definido por el usuario en la geometría de cambio del modelo de pieza de prótesis dental 114 mostrado en la figura 9E.

15 Las figuras 10A a 10D muestran una adaptación de un modelo de pieza de prótesis dental 114 para un molar bajo el mismo criterio de adaptación que en las figuras 9A a 9D, de acuerdo con la cual una penetración del modelo de pieza de prótesis dental 114 y un antagonista de un modelo de situación del paciente 118 está prohibido. En este caso, la superficie oclusal se estira parcialmente en la dirección oclusal, con el modelo de pieza de prótesis dental 114 extendiéndose alrededor del antagonista. Las figuras 9A a 9B ilustran una secuencia dinámica que se produce en el transcurso de un cambio definido por el usuario en la geometría de cambio del modelo de pieza de prótesis dental 114 mostrado en la figura 9E.

20 La figura 11A muestra una adaptación de un modelo de pieza de prótesis dental 114 en la que el modelo de pieza de prótesis dental 114 correspondiente permanece sin deformar y un criterio de adaptación, por ejemplo excluir la penetración con un antagonista de un modelo de situación del paciente 118, es absorbido por el antagonista correspondiente. En este caso, el antagonista correspondiente se gira desde su posición original. La figura 11B muestra un ejemplo en el que el criterio de adaptación se cumple tanto por el modelo de pieza de prótesis dental 114 como por un antagonista del modelo de situación del paciente 118, dado que ambos están deformados. La figura 11C muestra un ejemplo en el que el criterio de adaptación se cumple exclusivamente mediante una deformación del modelo de pieza de prótesis dental 114 que se va a adaptar, mientras que el modelo de situación del paciente 118 permanece inalterado.

30 La figura 12 muestra las penetraciones 172 de una superficie de delimitación oclusal 116 de un modelo de pieza de prótesis dental 114 con una superficie de delimitación oclusal 120 de un modelo de situación de paciente 118, en este caso un antagonista. Las zonas correspondientes en las que hay una penetración 172 se pueden liberar, por ejemplo, cortando las zonas correspondientes 172 del modelo de pieza de prótesis dental 114 o mediante deformación local de la superficie de delimitación oclusal 116 del modelo de pieza de prótesis dental 114 en estas zonas 172. La figura 12 muestra las penetraciones 172 para un posicionamiento relativo del modelo de pieza de prótesis dental 114 y del modelo de situación del paciente 118. En el caso de un articulador virtual, por ejemplo, se muestran representaciones correspondientes para una pluralidad de posiciones diferentes del modelo de pieza de prótesis dental 114 y el modelo de situación del paciente 118 junto con cualquier penetración 172 que pueda ocurrir. Las diferentes posiciones corresponden a este respecto a diferentes posiciones relativas que se atraviesan en el transcurso de un movimiento de masticación. Las posibles penetraciones 172 se pueden representar una tras otra en forma de una secuencia dinámica en la que se recorren las diferentes posiciones una tras otra. Por lo tanto, el usuario puede comprobar sucesivamente para cada posicionamiento si son necesarias adaptaciones debido a las penetraciones 172 que se producen y, ejecutarlas, dado el caso. Alternativamente, se puede proyectar una superposición de las penetraciones 172 para los diferentes posicionamientos sobre el modelo de pieza de prótesis dental 114. Por lo tanto, el usuario puede comprobar de un vistazo si son necesarias adaptaciones debido a las penetraciones 172 y, ejecutarlas dado el caso. En este sentido, al hacer ajustes, puede tener en cuenta todas las penetraciones 172 para todos los posicionamientos al mismo tiempo debido a la superposición.

50 Las figuras 13A a 13C muestran una implementación de una cuasiabrasión en la que se retienen los límites cervicales y se retiene esencialmente la oclusión entre los antagonistas formados por los dos modelos de prótesis dentales 116. La parte izquierda de las figuras 13A a 13C muestra cada uno los modelos de prótesis dental 116 con sus superficies de delimitación 118, la parte derecha muestra cada una una sección transversal a través de los modelos de prótesis dental 116. Desde la figura 13A a la figura 13B hasta la figura 13C, la abrasión disminuye en el ejemplo mostrado, es decir, aumentan las alturas relativas de las cúspides o las profundidades de las fisuras de la superficie oclusal.

55 Las figuras 14A a 14C muestran una implementación de una cuasiabrasión en la que la abrasión aumenta, a partir de la figura 14A, que es idéntica a la figura 13A, pasando por la figura 14B a la figura 14C. En el transcurso del aumento de la abrasión, la altura de las cúspides o la profundidad de las fisuras en la superficie oclusal disminuyen. Como antes en el caso de las figuras 13A a 13C, los bordes cervicales se fijan y la oclusión se mantiene casi sin cambios.

Las figuras 15A a 15C muestran, como antes las figuras 13A a 13C, una disminución de la cuasiabrasión, que corresponde más a los dientes más jóvenes, mientras que las figuras 16A a 16C muestran un aumento de la

5 cuasiabrasión para un modelo de pieza de prótesis dental 114 con sus superficies de delimitación 116, a través de las cuales se puede simular un proceso de envejecimiento de los dientes. Las figuras 16A a 16C corresponden a este respecto a las figuras 14A a 14C. En el caso de tal envejecimiento virtual del modelo de pieza de prótesis dental 114, la geometría inicial se deforma algorítmicamente de tal manera que cumple ciertas propiedades que se encuentran típicamente en los dientes de pacientes mayores. Estas propiedades incluyen, por ejemplo, fisuras menos profundas y/o mayor suavizado de las estructuras anatómicas de la superficie del diente.

Las figuras 17A a 17C muestran una cuasiabrasión correspondiente para una pluralidad de modelos de prótesis dentales 114 para molares, mostrando la figura 17B una situación inicial en relación con la cual la abrasión disminuye en la figura 17A, mientras que aumenta relativamente en la figura 17C.

10 Las figuras 18A a 18C muestran una cuasiabrasión correspondiente para una pluralidad de modelos de piezas de prótesis dentales 114 para dientes anteriores, en la que se muestra un proceso de envejecimiento correspondiente en particular alisando las superficies de delimitación incisales 116 o el borde incisal envuelto por ellas. De nuevo, la figura 18B se bifurca en una situación inicial, en comparación con la cual la cuasiabrasión disminuye en la figura 18A, mientras que aumenta relativamente en la figura 18C.

15 Lista de referencias

- 100 Sistema informático
- 102 Componente de hardware
- 104 Dispositivo de entrada
- 106 Dispositivo de entrada
- 108 Dispositivo de visualización
- 110 interfaz gráfica de usuario
- 112 elementos operativos
- 114 modelo de pieza de prótesis dental
- 116 superficies de delimitación
- 118 modelo de situación del paciente
- 120 superficies de delimitación
- 121 superficies de delimitación
- 122 herramienta de procesamiento digital
- 130 dispositivo de procesamiento
- 132 herramienta de procesamiento
- 134 dispositivo de sujeción
- 136 pieza en bruto
- 138 material de prótesis dental
- 140 pieza de prótesis dental
- 150 impresora 3D
- 152 elemento de impresión
- 160 sistema de procesamiento
- 170 superficie
- 172 Zona de penetración

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento implementado por ordenador para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente (140), en donde el procedimiento comprende:

- 5 • proporcionar un modelo de situación del paciente digital tridimensional (118), en donde el modelo de situación del paciente define superficies de delimitación específicas del paciente (120, 121) de uno o varios objetos de una dentadura del paciente, que definen una geometría de situación del paciente a la que ha de adaptarse la pieza de prótesis dental en el transcurso del modelado,
- 10 • proporcionar un primer modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital (114) en un estado inicial, definiendo el primer modelo de pieza de prótesis dental superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental (116) de la pieza de prótesis dental que definen una geometría de pieza de prótesis dental,

en el que el primer modelo de pieza de prótesis dental en el estado inicial presenta una geometría de pieza de prótesis dental en forma de una geometría inicial,

- 15 • proporcionar uno o varios criterios de adaptación geométricos definidos con el uso de las superficies de delimitación específicas del paciente, que han de cumplirse por las superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental en el transcurso de una adaptación individualizada para el paciente de la geometría de la pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente,
- 20 • adaptar de manera individualizada para el paciente la geometría de pieza de prótesis dental del primer modelo de pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente del modelo de situación del paciente,

en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende una disposición del primer modelo de pieza de prótesis dental en una posición inicial proporcionada por el modelo de situación del paciente para la pieza de prótesis dental,

- 25 en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende asimismo una ejecución interactiva repetida de cambios definidos por el usuario en el primer modelo de pieza de prótesis dental dispuesto, en el que el primer modelo de pieza de prótesis dental, en el transcurso de cada uno de los cambios definidos por el usuario, atraviesa dinámicamente en cada caso una secuencia de estados intermedios hasta que se alcanza un estado de cambio resultante del respectivo cambio definido por el usuario, en el que para cada uno de los estados intermedios correspondientes, así como el estado de cambio resultante, se calcula en cada caso automáticamente a partir de la geometría inicial del primer modelo de pieza de prótesis dental una geometría de estado específica del estado del primer modelo de pieza de prótesis dental manteniendo los criterios de adaptación geométricos,
- 30

en el que cada uno de los cambios definidos por el usuario se visualiza por medio de una interfaz gráfica de usuario (110) en un dispositivo de visualización (108), en el que la visualización del respectivo cambio definido por el usuario comprende en cada caso una visualización del paso dinámico a través de la respectiva secuencia de estados intermedios hasta que el primer modelo de pieza de prótesis dental alcanza el estado de cambio respectivo con las respectivas geometrías de estado específicas de estado calculadas para ello,

- 40 • uso de una geometría de cambio resultante de la adaptación individualizada para el paciente del primer modelo de pieza de prótesis dental para proporcionar una geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente para la producción de la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que proporcionar la geometría de cambio resultante comprende un uso de la geometría de cambio resultante como geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

45 3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que proporcionar la geometría de cambio resultante comprende una transferencia de la geometría de cambio resultante a un segundo modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital, en el que el segundo modelo de pieza de prótesis dental presenta una resolución más alta que el primer modelo de pieza de prótesis dental.

50 4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los criterios de adaptación geométricos definen uno o varios valores máximos y/o mínimos admisibles para distancias positivas y/o negativas entre superficies de delimitación específicas del paciente del modelo de situación del paciente y superficies de delimitación específicas de pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los criterios de adaptación geométricos definen uno o varios valores mínimos admisibles para distancias positivas entre superficies de delimitación específicas de pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental.

55 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los criterios de adaptación geométricos están estructurados jerárquicamente y, en el caso de criterios de adaptación geométricos incompatibles, los criterios de adaptación geométricos individuales según la estructura jerárquica tienen prioridad sobre uno o varios criterios de

adaptación geométricos diferentes.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la visualización del cambio definido por el usuario tiene lugar en cada caso en tiempo real.

5 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los cambios definidos por el usuario comprenden en cada caso al menos uno de los siguientes cambios definidos por una entrada de usuario interactiva: escalar una extensión del modelo de pieza de prótesis dental a lo largo de una dirección de extensión predefinida del modelo de pieza de prótesis dental, cambiar el modelo de pieza de prótesis dental en relación con el modelo de situación del paciente y rotar el modelo de pieza de prótesis dental en relación con el modelo de situación del paciente.

10 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la entrada de los cambios definidos por el usuario comprende en cada caso seleccionar y procesar de manera interactiva al menos una zona parcial de una superficie de delimitación del modelo de pieza de prótesis dental reproducido visualmente en la interfaz gráfica de usuario gráfica por medio de una herramienta de procesamiento digital interactiva (122) proporcionada por la interfaz gráfica de usuario.

15 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el procesamiento interactivo comprende deformar una zona parcial y/o cortar una sección de volumen de la geometría de pieza de prótesis dental delimitada por la zona parcial.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la disposición del modelo de pieza de prótesis dental en la posición inicial comprende una adaptación automática del modelo de pieza de prótesis dental a un límite de preparación de la pieza de prótesis dental definido en el modelo de situación del paciente.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo asimismo el procedimiento:

20 • seleccionar un estado de cambio del primer modelo de pieza de prótesis dental,

• simular un movimiento de masticación para el estado de cambio seleccionado del primer modelo de pieza de prótesis dental, en el que la simulación del movimiento de masticación comprende un cálculo de una secuencia ejecutada dinámicamente de posiciones relativas del modelo de pieza de prótesis dental a un antagonista del modelo de pieza de prótesis dental comprendido por el modelo de situación del paciente, en el que para cada una de las posiciones relativas por medio de la interfaz gráfica de usuario, el dispositivo de visualización muestra en cada caso al menos una superficie de delimitación oclusal del modelo de pieza de prótesis dental y una superficie de delimitación oclusal del antagonista.

25

30 13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que para las posiciones relativas individuales de la secuencia dinámica se visualizan zonas parciales de la superficie de delimitación oclusal del modelo de pieza de prótesis dental que penetran la superficie de delimitación oclusal del antagonista.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el modelo de pieza de prótesis dental proporcionado en el estado inicial es un modelo genérico para la pieza de prótesis dental.

35 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los objetos de una dentadura del paciente comprenden uno o varios de los siguientes objetos: un diente, un muñón de diente, encía, una prótesis dental, un implante, un aparato de conexión periodontal, un localizador, una férula de mordida, una barra, una prótesis o una prótesis parcial, un esquelético dental, una prótesis provisional, empastes, incrustaciones.

40 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende asimismo producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente con el uso de la geometría de cambio establecida como geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

45 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las superficies de delimitación específicas del paciente y específicas de la pieza de prótesis dental se implementan con el uso de uno de los siguientes procedimientos: una estructura de red poligonal, en la que los vértices de la estructura de red correspondiente y/o puntos dentro de los polígonos de la estructura de red definen las superficies de delimitación correspondientes, una nube de puntos, en la que los puntos de la nube de puntos definen las superficies de delimitación correspondientes, una estructura de datos de volumen 3D que comprende una cuadrícula de vóxeles o un campo de distancia firmado en 3D.

50 18. Producto de programa informático para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente (140), que comprende un medio de almacenamiento no volátil legible por ordenador con instrucciones de programa legibles por ordenador para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, en el que una ejecución de las instrucciones de programa por un procesador de un sistema informático (100) provoca que el sistema informático ejecute un procedimiento para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, que comprende:

• proporcionar un modelo de situación del paciente digital tridimensional (118), en donde el modelo de situación del paciente define superficies de delimitación específicas del paciente (120, 121) de uno o varios objetos de una dentadura del paciente, que definen una geometría de situación del paciente a la que ha de adaptarse la pieza de

prótesis dental en el transcurso del modelado,

- proporcionar un modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital (114) en un estado inicial, definiendo el modelo de pieza de prótesis dental superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental (116) de la pieza de prótesis dental que definen una geometría de pieza de prótesis dental,

en el que el modelo de pieza de prótesis dental en el estado inicial presenta una geometría de pieza de prótesis dental en forma de una geometría inicial,

- proporcionar uno o varios criterios de adaptación geométricos definidos con el uso de las superficies de delimitación específicas del paciente, que han de cumplirse por las superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental en el transcurso de una adaptación individualizada para el paciente de la geometría de la pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente,

- adaptar de manera individualizada para el paciente la geometría de la pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente del modelo de situación del paciente,

en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende una disposición del modelo de pieza de prótesis dental en una posición inicial proporcionada por el modelo de situación del paciente para la pieza de prótesis dental, en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende asimismo una ejecución interactiva repetida de cambios definidos por el usuario en el modelo de pieza de prótesis dental dispuesto, en el que el modelo de pieza de prótesis dental, en el transcurso de cada uno de los cambios definidos por el usuario, atraviesa dinámicamente en cada caso una secuencia de estados intermedios hasta que se alcanza un estado de cambio resultante del respectivo cambio definido por el usuario, en el que para cada uno de los estados intermedios correspondientes, así como el estado de cambio resultante, se calcula en cada caso automáticamente a partir de la geometría inicial del modelo de pieza de prótesis dental una geometría de estado específica del estado del modelo de pieza de prótesis dental manteniendo los criterios de adaptación geométricos,

en el que cada uno de los cambios definidos por el usuario se visualiza por medio de una interfaz gráfica de usuario (110) en un dispositivo de visualización (108), en el que la visualización del respectivo cambio definido por el usuario comprende en cada caso una visualización del paso dinámico a través de la respectiva secuencia de estados intermedios hasta que el modelo de pieza de prótesis dental alcanza el estado de cambio respectivo con las respectivas geometrías de estado específicas de estado calculadas para ello,

- establecer una geometría de cambio resultante de la adaptación individualizada para el paciente del modelo de pieza de prótesis dental como geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente que se usará para producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

19. Sistema informático (100) para modelar una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente (140), comprendiendo el sistema informático un medio de almacenamiento, un procesador, un dispositivo de entrada (104, 106) y un dispositivo de visualización (108), en el que están almacenadas instrucciones de programa legibles por ordenador en el medio de almacenamiento para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, en el que una ejecución de las instrucciones de programa por parte del procesador del sistema informático hace que el sistema informático ejecute un procedimiento para modelar la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, que comprende:

- proporcionar un modelo de situación del paciente digital tridimensional (118), en donde el modelo de situación del paciente define superficies de delimitación específicas del paciente (120, 121) de uno o varios objetos de una dentadura del paciente, que definen una geometría de situación del paciente a la que ha de adaptarse la pieza de prótesis dental en el transcurso del modelado,

- proporcionar un modelo de pieza de prótesis dental tridimensional digital en un estado inicial, definiendo el modelo de pieza de prótesis dental (114) superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental (116) de la pieza de prótesis dental que definen una geometría de pieza de prótesis dental,

en el que el modelo de pieza de prótesis dental en el estado inicial presenta una geometría de pieza de prótesis dental en forma de una geometría inicial,

- proporcionar uno o varios criterios de adaptación geométricos definidos con el uso de las superficies de delimitación específicas del paciente, que han de cumplirse por las superficies de delimitación específicas de la pieza de prótesis dental en el transcurso de una adaptación individualizada para el paciente de la geometría de la pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente,

- adaptar de manera individualizada para el paciente la geometría de la pieza de prótesis dental del modelo de pieza de prótesis dental a la geometría de situación del paciente del modelo de situación del paciente,

en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende una disposición del modelo de pieza de prótesis

5 dental en una posición inicial proporcionada por el modelo de situación del paciente para la pieza de prótesis dental, en el que la adaptación individualizada para el paciente comprende asimismo una ejecución interactiva repetida de cambios definidos por el usuario en el modelo de pieza de prótesis dental dispuesto, en el que el modelo de pieza de prótesis dental, en el transcurso de cada uno de los cambios definidos por el usuario, atraviesa dinámicamente en cada caso una secuencia de estados intermedios hasta que se alcanza un estado de cambio resultante del respectivo cambio definido por el usuario, en el que para cada uno de los estados intermedios correspondientes, así como el estado de cambio resultante, se calcula en cada caso automáticamente a partir de la geometría inicial del modelo de pieza de prótesis dental una geometría de estado específica del estado del modelo de pieza de prótesis dental manteniendo los criterios de adaptación geométricos,

10 en el que cada uno de los cambios definidos por el usuario se visualiza por medio de una interfaz gráfica de usuario (110) en el dispositivo de visualización (108), en el que la visualización del respectivo cambio definido por el usuario comprende en cada caso una visualización del paso dinámico a través de la respectiva secuencia de estados intermedios hasta que el modelo de pieza de prótesis dental alcanza el estado de cambio respectivo con las respectivas geometrías de estado específicas de estado calculadas para ello,

15 • establecer una geometría de cambio resultante de la adaptación individualizada para el paciente del modelo de pieza de prótesis dental como geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente que se usará para producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

20 20. Sistema de procesamiento (160) para producir una pieza de prótesis dental individualizada para el paciente, comprendiendo el sistema de procesamiento un sistema informático según la reivindicación 19 así como un dispositivo de procesamiento (130, 150) para producir la pieza de prótesis dental individualizada para el paciente (140) a partir de material de prótesis dental (138) con el uso de la geometría de pieza de prótesis dental individualizada para el paciente.

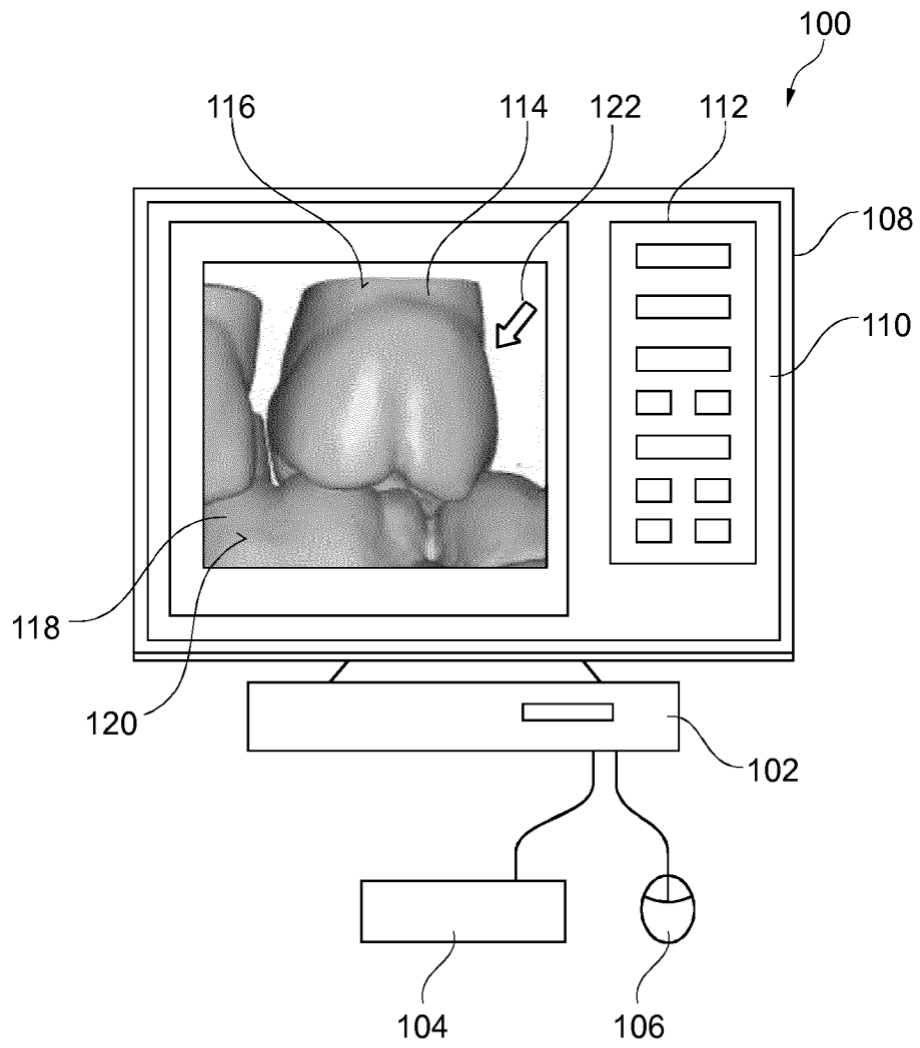


Fig. 1

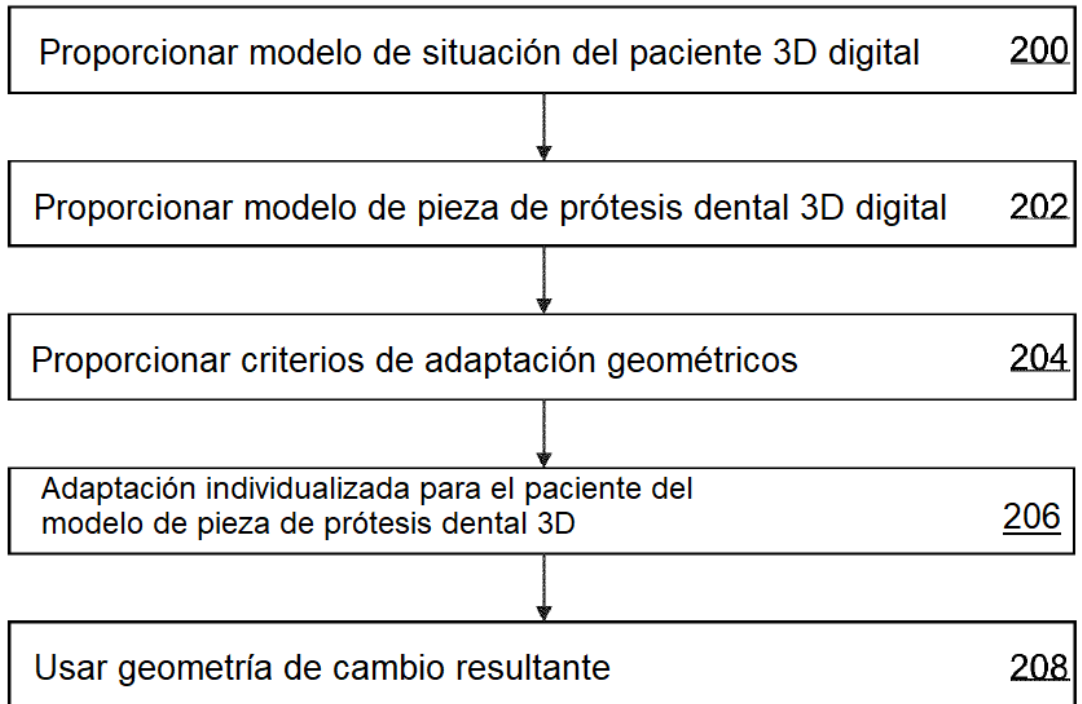


Fig. 2

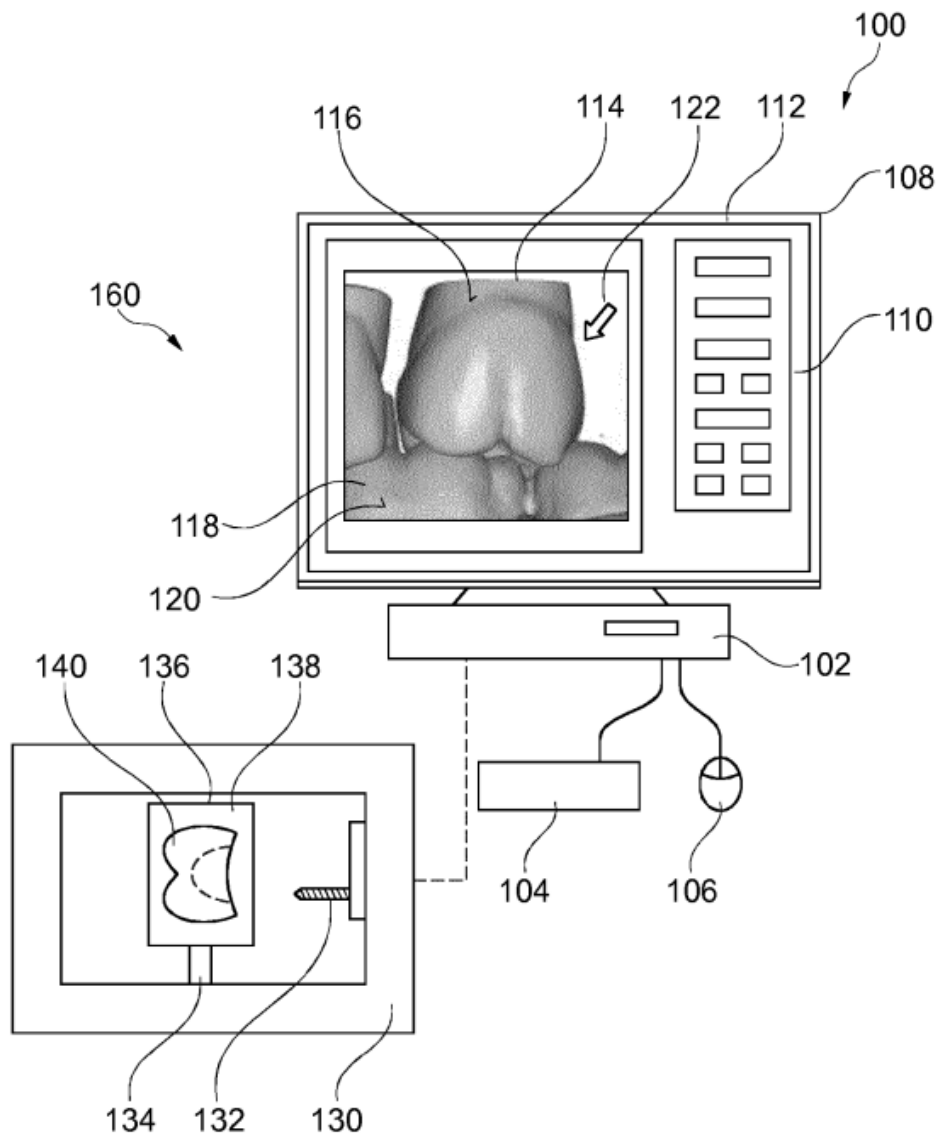


Fig. 3

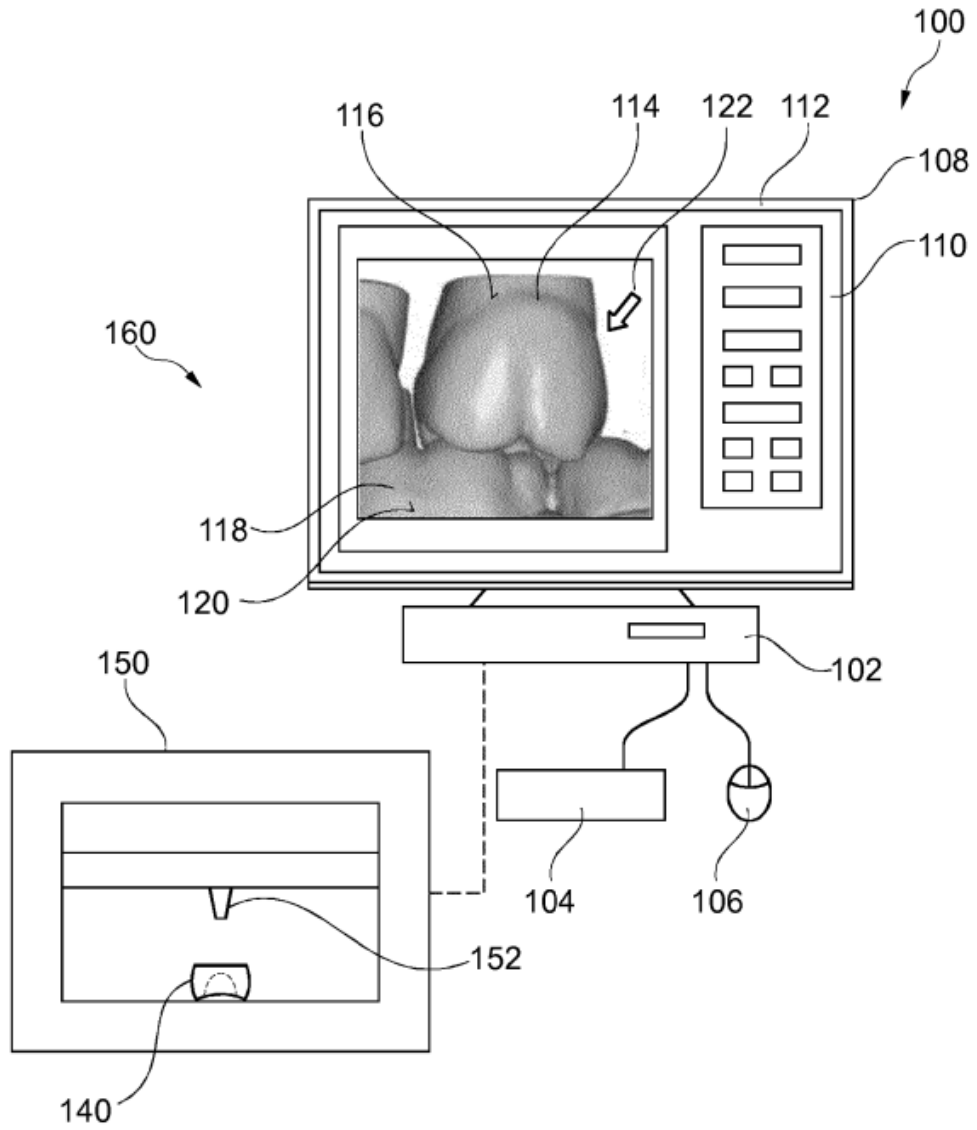
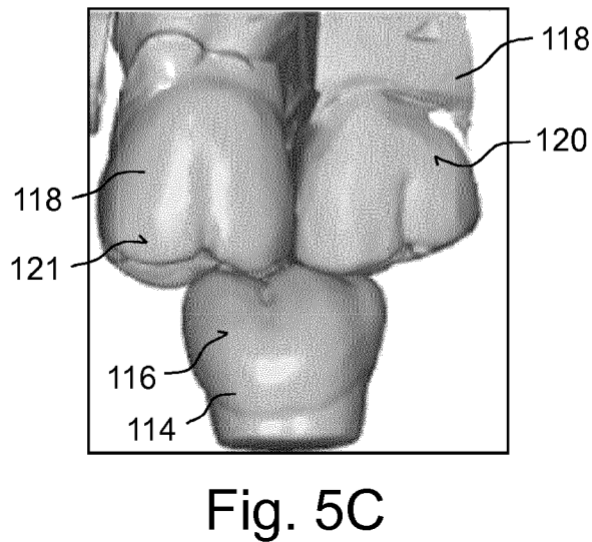
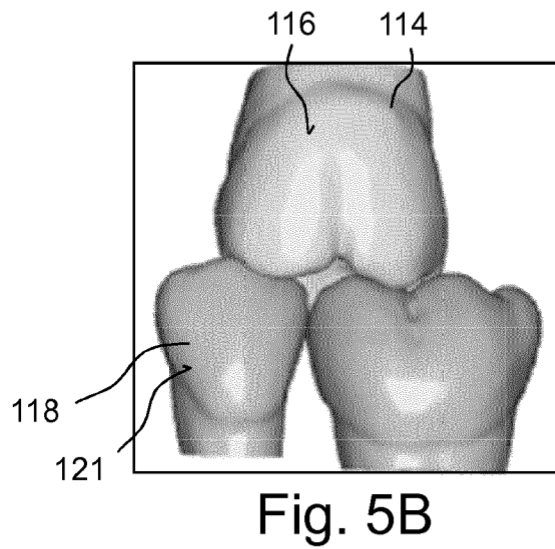
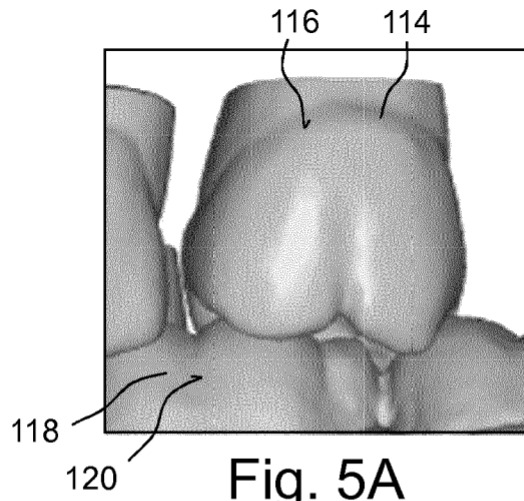


Fig. 4



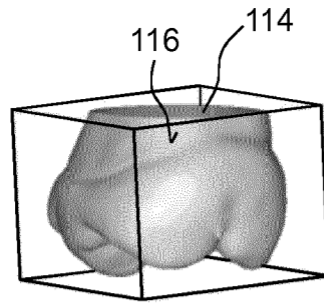


Fig. 6A

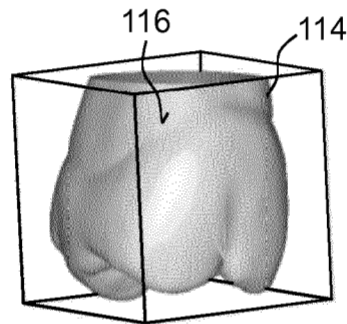


Fig. 6B

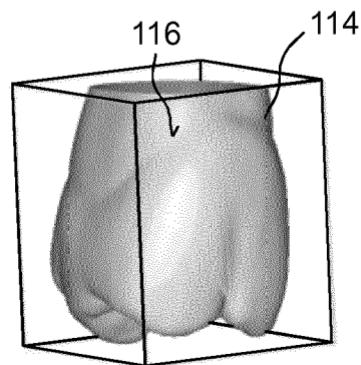


Fig. 6C

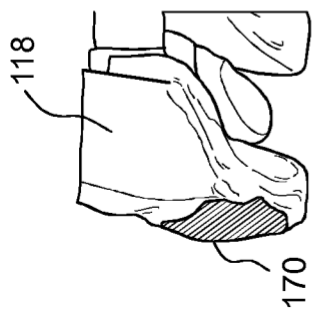


Fig. 7A

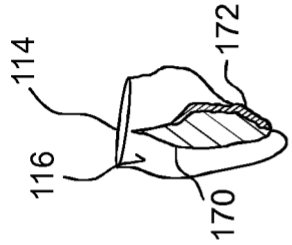


Fig. 7B

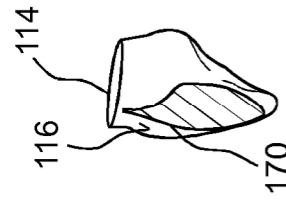


Fig. 7C

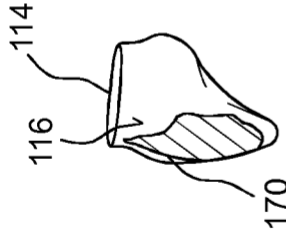


Fig. 7D

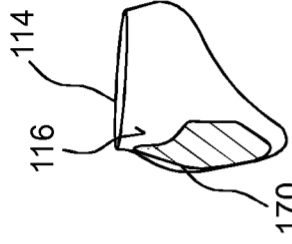


Fig. 7E

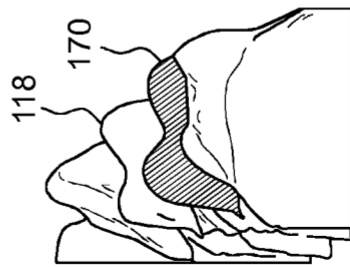


Fig. 8A

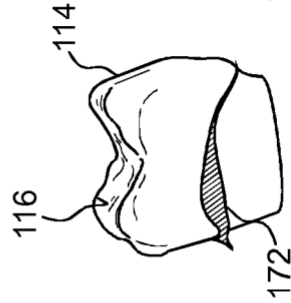


Fig. 8B

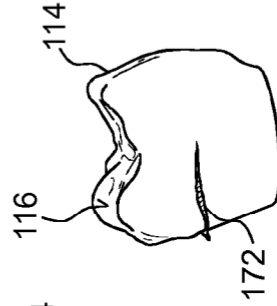


Fig. 8C

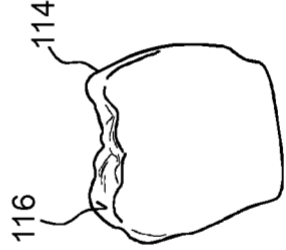


Fig. 8D

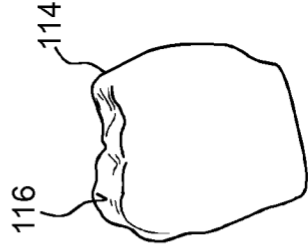


Fig. 8E

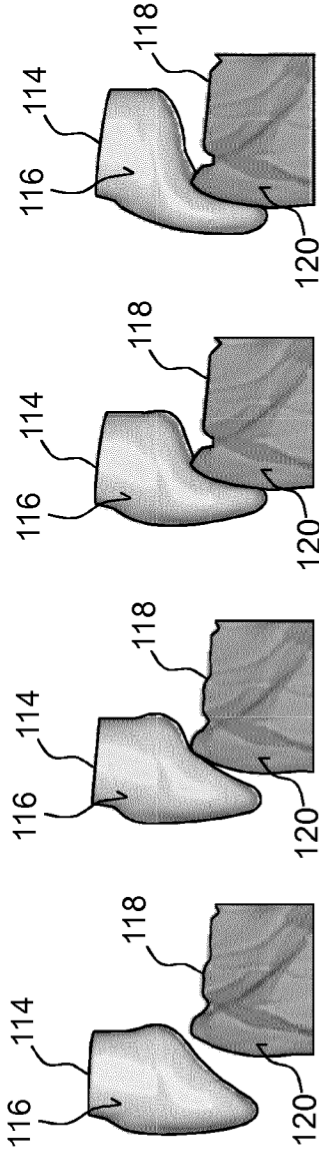


Fig. 9D

Fig. 9C

Fig. 9B

Fig. 9A

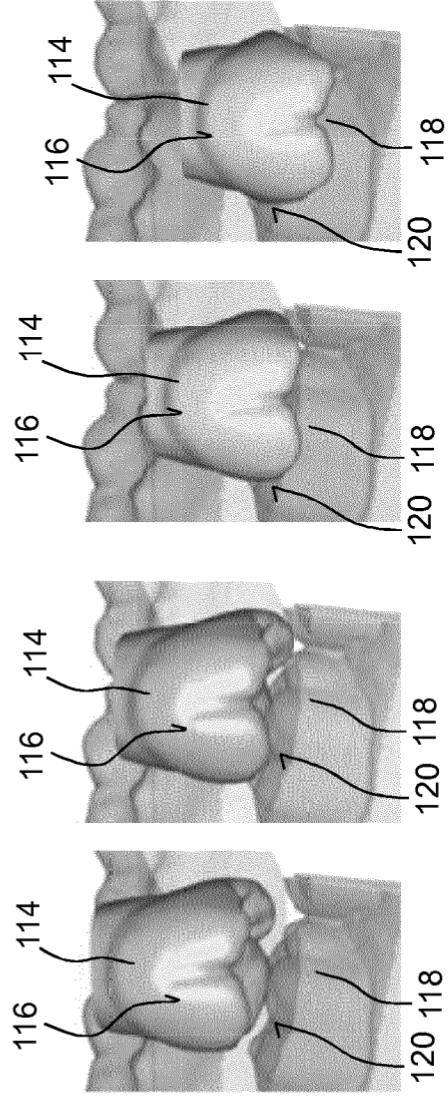


Fig. 10D

Fig. 10C

Fig. 10B

Fig. 10A

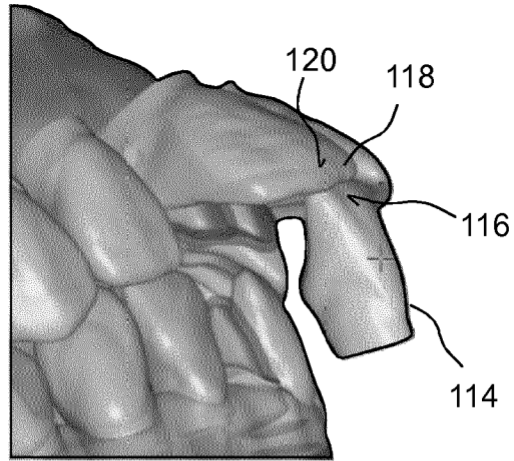


Fig. 11A

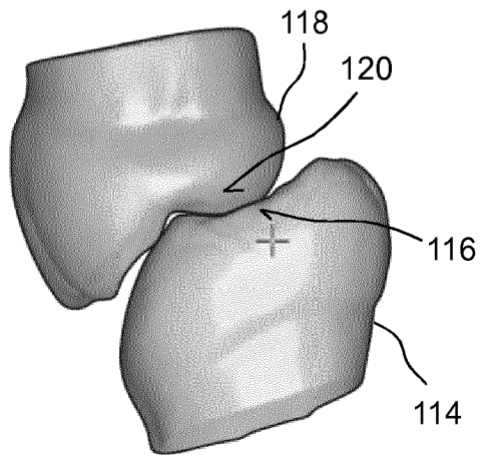


Fig. 11B

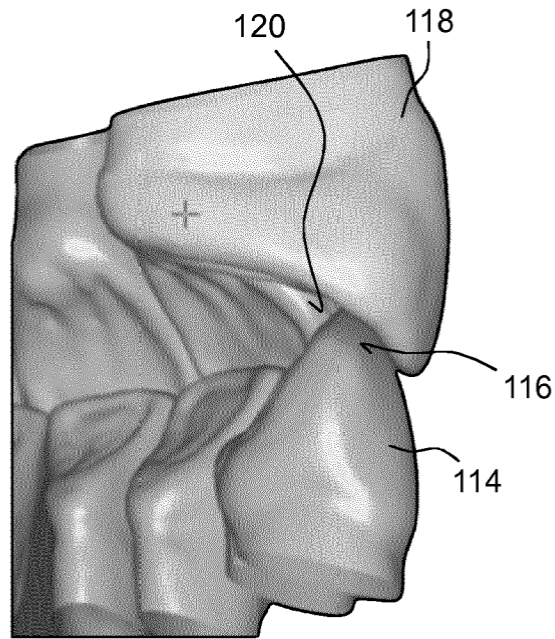


Fig. 11C

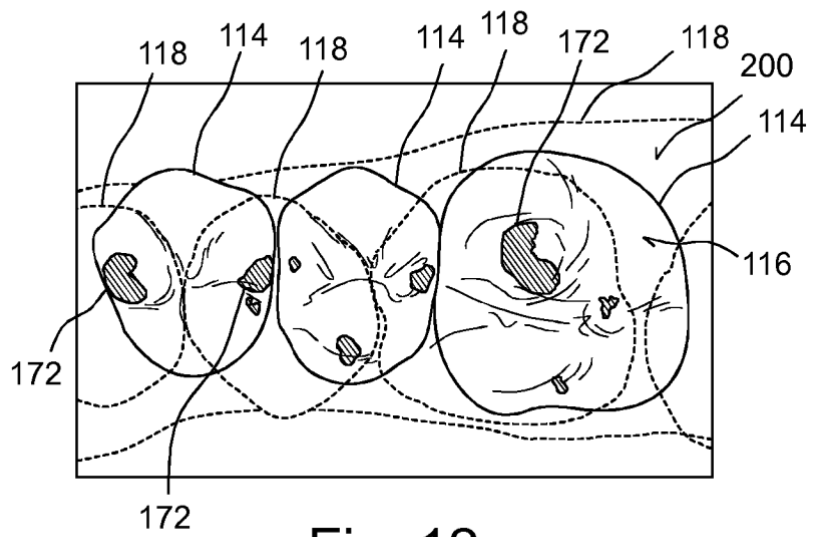


Fig. 12

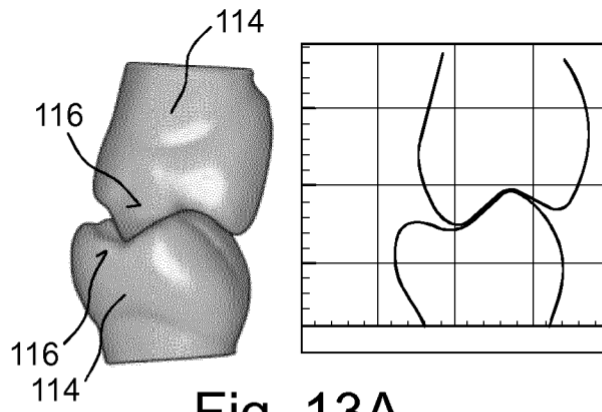


Fig. 13A

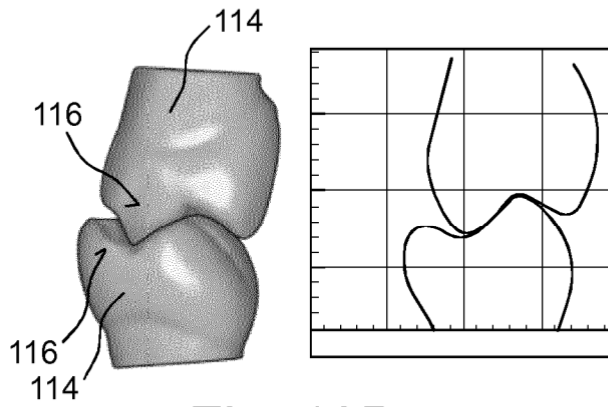


Fig. 13B

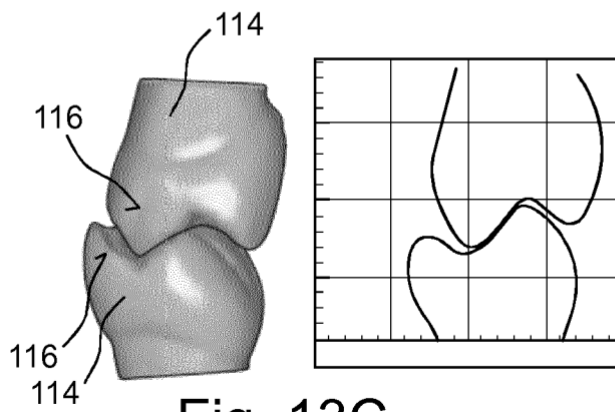
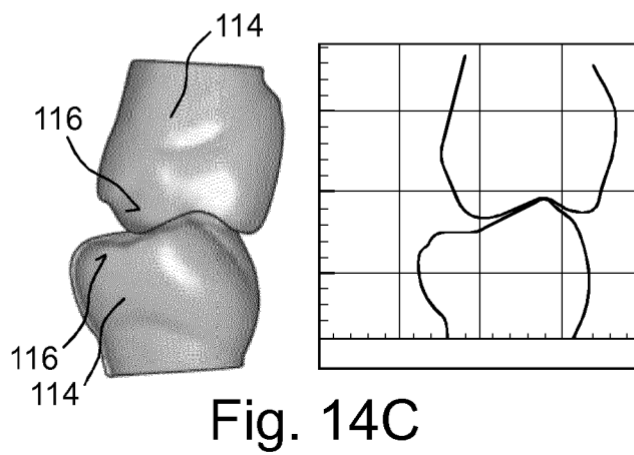
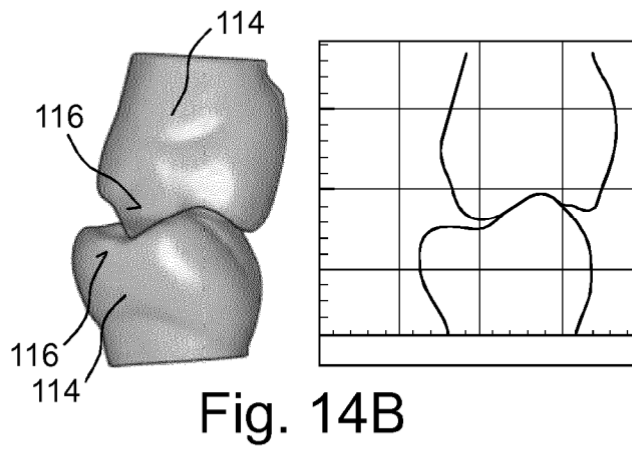
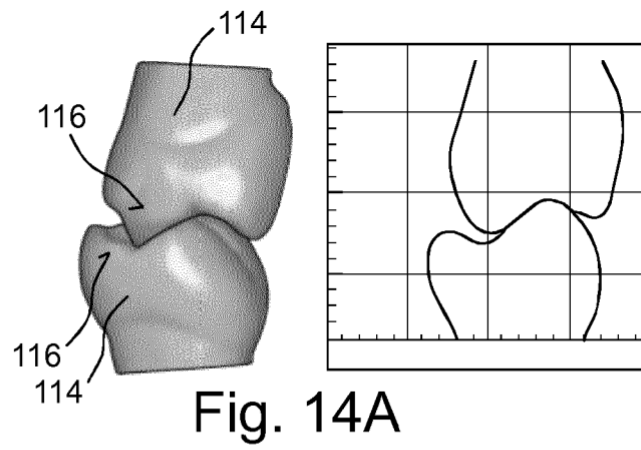


Fig. 13C



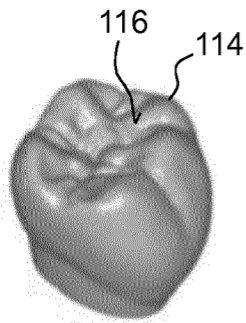


Fig. 15A

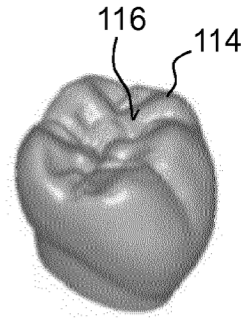


Fig. 16A

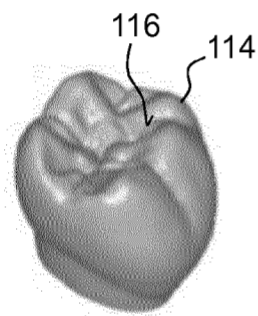


Fig. 15B

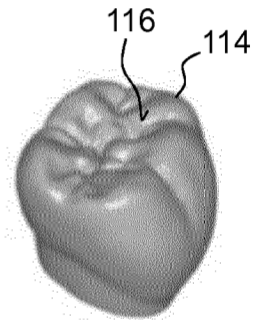


Fig. 16B

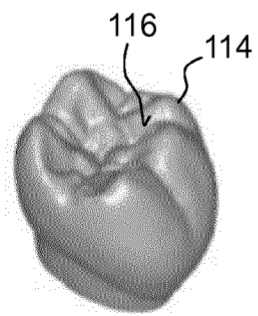


Fig. 15C

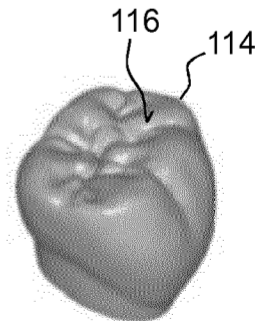


Fig. 16C

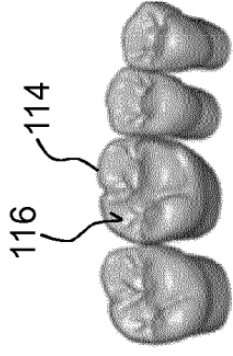


Fig. 17A

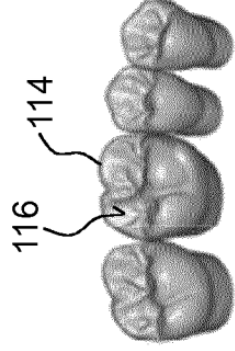


Fig. 17B

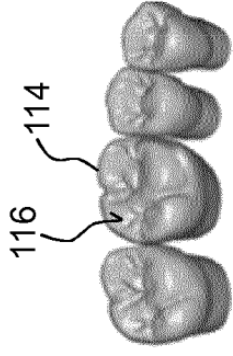


Fig. 17C

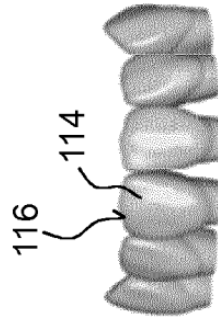


Fig. 18A

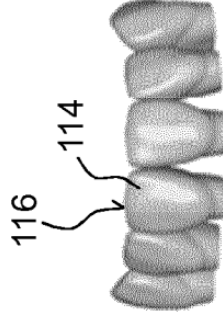


Fig. 18B

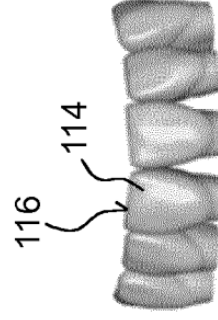


Fig. 18C