

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 760**

51 Int. Cl.:

**A61C 13/00** (2006.01)

**A61C 19/05** (2006.01)

**A61C 11/00** (2006.01)

**A61C 19/045** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2011** **E 22172598 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024** **EP 4059471**

54 Título: **Articulador virtual dinámico y método y programa relacionados**

30 Prioridad:

**25.02.2010 US 30793410 P**  
**25.02.2010 DK PA201000156**  
**14.05.2010 US 33468110 P**  
**14.05.2010 DK PA201000425**  
**17.09.2010 US 38384010 P**  
**17.09.2010 DK PA201000835**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.02.2025**

73 Titular/es:

**3SHAPE A/S (100.00%)**  
**Holmens Kanal 7**  
**1060 Copenhagen K, DK**

72 Inventor/es:

**KRISTENSEN, KASPER KABELL;**  
**FISKER, RUNE;**  
**BARTHE, CHRISTOPHE VASILJEV y**  
**POULSEN, TOMMY SANDDAL**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 999 760 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

Articulador virtual dinámico y método y programa relacionados

### Campo de la invención

5 Esta invención está relacionada generalmente con un articulador virtual y con un método para realizar articulación virtual. Más particularmente, la invención está relacionada con un método implementado por ordenador para usar un articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes, cuando se realiza diseño asistido por ordenador de una o más restauraciones dentales.

### Antecedentes de la invención

10 Un articulador es un dispositivo mecánico que proporciona un modelo geométrico simplificado del cráneo para simular los movimientos relativos de las mandíbulas humanas para probar oclusión de dientes. Un articulador es usado por un técnico dental cuando se modelan restauraciones dentales para un paciente, y el técnico dental puede alternar entre modelar las restauraciones y evaluar la función de la mordida o la oclusión usando el articulador. Para probar la colisión de dientes en la mandíbula superior e inferior, el técnico dental puede usar papel de calco colocado entre los dientes de las dos mandíbulas en el articulador, y así se colorearán los dientes que colisionan, cuando se mueven las mandíbulas.

15 Se conocen articuladores virtuales que son representaciones digitales de articuladores como se describe más adelante.

20 El documento WO08113313A describe un método para la producción de una dentadura que comprende las siguientes etapas: recogida de los datos biométricos de un paciente, es decir, la mandíbula y maxila dentada o desdentada, el tamaño de las mandíbulas, la posición espacial de las mismas respecto al cráneo, la inclinación de cóndilo y el movimiento de la mandíbula, y el registro del movimiento de mandíbula; implementación de los datos en un articulador virtual que está disponible en la memoria principal del equipo de procesamiento de datos; construcción CAD de las partes preformadas individuales de articulador y cuerpos dentales moldeados sobre la base de los datos de paciente recogidos; producción de los cuerpos moldeados individuales de articulador y cuerpos moldeados dentales por medio de un proceso de fabricación generativa sobre la base de los datos biométricos registrados; incorporación de las partes preformadas individuales de articulador y/o cuerpos moldeados dentales en un alojamiento de articulador estandarizado, o fabricación generativa completa del articulador con cuerpos moldeados individualizados.

30 El documento US2002048741 describe un método implementado por ordenador para crear un modelo dental para usar en articulación dental, el método comprende las etapas de: proporcionar un primer conjunto de datos digitales correspondientes a una imagen de arco superior de al menos una parte de un arco dental superior de un paciente; proporcionar un segundo conjunto de datos digitales correspondientes a una imagen de arco inferior de al menos una parte de un arco dental inferior del paciente; proporcionar datos de eje de bisagra representativos de la orientación espacial de al menos uno de los arcos dentales superior e inferior respecto a un eje de bisagra del paciente; proporcionar datos de alineación de mordida representativos de la relación espacial entre el arco dental superior y el arco dental inferior del paciente; alinear la imagen de arco superior y la imagen de arco inferior sobre la base de los datos de alineación de mordida; y crear un eje de bisagra de referencia respecto a las imágenes alineadas de arco superior e inferior sobre la base de los datos de eje de bisagra.

40 El documento US2004172150A describe un sistema para diseñar un modelo dental virtual que comprende: un articulador virtual que representa un modelo tridimensional de un arcos dentales superior e inferior de un paciente que incluye datos que definen una restricción de movimiento que tiene una pluralidad de grados de libertad entre dichos arcos dentales superior e inferior; un analizador de simulación para simular dicho movimiento usando dicho modelo tridimensional y analizar contactos resultantes en partes de dichos arcos superior e inferior durante dicho movimiento para proporcionar datos de contacto, dichos contactos resultantes se caracterizan por una secuencia de aparición en el tiempo; y un módulo de diseño para diseñar uno de una prótesis virtual para uno de dichos arcos superior e inferior y una modificación dental deseada virtual usando dicho datos de contacto adquiridos de dicho analizador de simulación y dicho articulador virtual.

50 El documento US2007207441 está relacionado con modelado en cuatro dimensiones de dinámica de mandíbula y dientes en el que se describen métodos y sistemas para modelar digitalmente la dinámica en 4 dimensiones del movimiento de mandíbula y diente usando datos tridimensionales basados en el tiempo. Se registran modelos digitales completos superior e inferior para datos intra-orales tridimensionales basados en el tiempo para producir un modelo verdadero en 4 dimensiones. Aplicaciones de diagnóstico y clínicas incluyen equilibrar la oclusión y caracterizar la geometría de la articulación temporomandibular. El modelo en 4 dimensiones se combina fácilmente con métodos convencionales de obtención de imágenes tales como TC para crear un modelo virtual más completo de paciente. En una realización el documento describe un sistema de coordenadas de eje céntrico estándar y se define una posición de mordida mediante: a) determinar un plano oclusal inferior usando el modelo inferior completo; b) estableciendo el plano oclusal inferior en un ángulo predeterminado, aproximadamente 15 grados, a una referencia horizontal; c) orientar el modelo del arco dental inferior con la línea media de mandíbula perpendicular al eje céntrico; d) usando un eje-distancia incisal predeterminado para completar la ubicación del modelo inferior y el eje céntrico; y e) posicionar el

modelo superior con respecto al inferior usando un escaneo tomado en una posición cerrada o de mordida.

El documento WO09133131A describe un método para usar un articulador virtual basado en ordenador, el método comprende: cargar un modelo dental digital de un paciente en un ordenador que ejecuta un programa de simulación de articulador virtual, y simular uno o más movimientos funcionales virtuales, evaluar al menos un parámetro relacionado con el movimiento de la mandíbula cuando se aplica una modificación dental, el al menos un parámetro relacionado con el movimiento de la mandíbula se selecciona de al menos la cantidad de movimiento de mandíbula en cierta dirección, la velocidad a la que se lleva a cabo cierto movimiento de mandíbula y un ángulo alrededor del que se lleva a cabo un movimiento rotacional de mandíbula.

El documento WO 99/15100 A1 también ejemplifica técnica anterior relevante, el cual, sin embargo no describe la etapa de modelar automáticamente puntos de colisión de una o más restauraciones dentales concurrentemente con el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual.

Queda el problema de proporcionar un articulador virtual que imite y se asemeje a un articulador de manera mejorada.

### Compendio

La presente invención concierne a un método implementado por ordenador para usar un articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes como se define en la reivindicación adjunta 1, un producto de programa informático que comprende medios de código de programa para hacer que un sistema de procesamiento de datos realice el método de una cualquiera o más de las reivindicaciones 1 a 10, como se define en la reivindicación 11, y un medio legible por ordenador que tiene almacenado en él el producto de programa informático de la reivindicación 11, como se define en la reivindicación 12. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

Se describe un método implementado por ordenador para usar un articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes, cuando se realiza diseño asistido por ordenador de una o más restauraciones dentales para un paciente, donde el método comprende las etapas de:

- proporcionar el articulador virtual que comprende un modelo tridimensional virtual de la mandíbula superior y un modelo tridimensional virtual de la mandíbula inferior que se asemeja a la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, de la boca del paciente;

- proporcionar movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí para simular oclusión dinámica, por lo que ocurren colisiones entre dientes en la mandíbula superior virtual e inferior virtual;

en donde, el método comprende además:

- proporcionar que los dientes de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se bloquean para que no se penetren superficies virtuales entre sí en las colisiones.

Se describe un método implementado por ordenador para usar un articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes, cuando se realiza diseño asistido por ordenador de una o más restauraciones dentales para un paciente, donde el método comprende las etapas de:

- proporcionar el articulador virtual que comprende un modelo tridimensional virtual de dientes que comprende la mandíbula superior, definido como la mandíbula superior virtual, y un modelo tridimensional virtual de dientes que comprende la mandíbula inferior, definido como la mandíbula inferior virtual, que se asemeja a la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, de la boca del paciente;

- proporcionar movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí para simular oclusión dinámica, por lo que ocurren colisiones entre dientes en la mandíbula superior virtual e inferior virtual;

en donde, el método comprende además:

- proporcionar que los dientes de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se bloquean para que no se penetren superficies virtuales entre sí en las colisiones.

En consecuencia, una ventaja es que al articulador virtual únicamente se le permite realizar movimientos que se asemejan e imitan la situación de la vida real en la boca de un paciente o la situación cuando se usa un articulador físico, así el movimiento relativo de las mandíbulas es fisiológicamente realista. Así es una ventaja que los dientes en las mandíbulas superior e inferior en el articulador virtual se asemejan a dientes físicos sólidos que pueden colisionar y tocarse entre sí pero no penetrarse entre sí. La expresión dientes puede significar los dientes originales en la boca del paciente con y sin restauraciones y restauraciones que sustituyen completamente a uno o más dientes. Dientes puede significar los dientes virtuales en el modelo virtual de mandíbula superior e inferior en los que no se ha diseñado restauración (o restauraciones). Así no se permite que dientes en la mandíbula opuesta penetren superficies virtuales

- entre sí, cuando colisionan como parte de la simulación o prueba de oclusión para la que se usa el articulador virtual. Los dientes en el articulador virtual se configuran para parecer, actuar o comportarse como objetos sólidos con una superficie impenetrable y con una extensión física correspondiente a dientes en un articulador físico. Los movimientos articulados de las mandíbulas son restringidos al no permitir que penetren las mandíbulas, y así los dientes en las mandíbulas. Se puede decir que los dientes de las mandíbulas son impenetrables o que exhiben impenetrabilidad, que es la calidad por la que dos cuerpos no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo. Así dientes opuestos en la mandíbula virtual superior e inferior no pueden ocupar el mismo espacio virtual al mismo tiempo.
- Es una ventaja que el articulador virtual se configure para ser un modelo geométrico virtual, por ejemplo y de ese modo equivalente a un sistema mecánico que comprende un articulador físico. El articulador virtual se mueve automáticamente o permite que el usuario mueva las dos mandíbulas relativamente entre sí. Este movimiento está confinado al movimiento permitido por la geometría de articulador. Las mandíbulas pueden consistir tanto en escaneos de preparación como en modelos diseñados. Como alternativa, la articulación virtual puede basarse en un modelo genérico, un modelo fisiológico, movimiento libre sin restricciones, etc.
- Es una ventaja que el articulador virtual se pueda utilizar en cualquier punto en el proceso de diseño para diseñar restauraciones dentales, tales como coronas o puentes, por lo que se puede probar el tamaño y la forma de las restauraciones diseñadas para comprobar si es correcto, es decir, probar si hay espacio suficiente para las restauraciones diseñadas en la boca, cuando las mandíbulas se mueven relativamente entre sí. Así por medio de simular la oclusión, se prueba la función de las restauraciones dentales. Una restauración puede ser una parte de uno o más dientes, y por lo tanto en la presente solicitud se usa la expresión "colisiones entre dientes", y esta expresión por lo tanto también comprende o significa colisión entre un diente y una restauración, colisión entre restauraciones, colisiones entre dientes no modificados, etc. Así un diente puede ser tanto un diente sin una restauración o con una restauración. Así en esta solicitud el término diente y el término restauración se pueden usar de manera intercambiable acerca de un diente con una restauración o de una restauración que sustituye completamente a un diente.
- En algunas realizaciones el método comprende opcionalmente proporcionar que la restauración (o restauraciones) diseñada sea penetrable, cuando colisiona con la mandíbula virtual opuesta.
- En algunas realizaciones el método comprende proporcionar que la restauración (o restauraciones) diseñada sea bloqueada para ser penetrable, cuando colisiona con la mandíbula virtual opuesta.
- En algunas realizaciones el método comprende proporcionar que la restauración (o restauraciones) diseñada sea penetrable, cuando colisiona con la mandíbula virtual opuesta.
- Es una ventaja que las restauraciones puedan ser penetrables o no cuando se diseñan las restauraciones, dependiendo de la preferencia del operador o usuario del software.
- Es una ventaja que el movimiento del articulador virtual sea restringido por la incapacidad de que las dos mandíbulas, incluidos modelos diseñados, se penetren entre sí, que se proporciona para modelar con precisión el desgaste de los dientes entre sí al masticar y de ese modo registrar áreas de contacto. Esto hace posible evaluar los aspectos funcionales de los diseños en cualquier momento dado en el proceso de diseño, que es análogo al proceso manual usando un articulador físico.
- El modelo tridimensional virtual de la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, puede comprender la mandíbula o arco enteros o una parte de la mandíbula entera, correspondiente a, p. ej., varios dientes, tales como la mitad de los dientes de la mandíbula.
- Las expresiones mandíbula y arco pueden usarse en algunos casos en esta solicitud para denotar la misma región fisiológica.
- El presente método implementado por ordenador puede ser implementado y ejecutado en un programa de software que realiza la simulación de articulador virtual.
- El articulador virtual simula los movimientos de un articulador físico o los movimientos de las mandíbulas reales en la boca de un paciente, y además de no permitir la penetración de dientes opuestos, el movimiento del articulador virtual también asegurará que después de colisionar los dientes, el siguiente movimiento de las mandíbulas virtuales corresponderá al movimiento de los dientes en la boca o las mandíbulas en un articulador físico realizará tras colisiones, que es continuando la dirección del movimiento teniendo en cuenta las colisiones, es decir, dirección, velocidad, ángulo de impacto, etc.
- En la técnica anterior únicamente se puede proporcionar oclusión estática de una mordida en un método implementado por ordenador, así la mandíbula superior e inferior únicamente se pueden representar en sus posiciones neutras, y no era posible movimiento relativo ellas.
- La técnica anterior describe colisiones entre mandíbulas, y las mandíbulas penetran entre sí durante las colisiones. En colisiones virtuales de la técnica anterior entre modelos de dientes 3D virtuales, los modelos se muestran como penetrables, porque son modelos virtuales, por lo que no hay barreras físicas entre los modelos. Sin embargo, según

el presente método, se hace que las colisiones se asemejen a una colisión de la vida real en la boca o en un articulador físico. El presente método comprende reproducir colisiones entre mandíbula superior e inferior como colisiones reales físicas, donde los dientes que colisionan no pueden penetrarse entre sí sino planear pasándose entre sí, que es el caso físico natural. Así los dientes que colisionan únicamente pueden contactar entre sí, no penetrar, ya que

5 virtualmente se han solidificado físicamente en lugar de ser representados como objetos penetrables.

En algunas realizaciones el método comprende además modelado simultáneo de la una o más restauraciones dentales y pruebas de colisión de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual. El método como alternativa y/o adicionalmente puede comprender diseñar uno o más procedimientos ortodónticos para el paciente, y/o diseñar uno o más procedimientos protésicos para el paciente, y/o realizar un análisis funcional de los dientes del paciente.

10 En algunas realizaciones el método comprende además modelado automático de restauraciones dentales en posiciones opuestas en la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual, cuando se solicitan restauraciones dentales en posiciones opuestas.

En algunas realizaciones la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se configuran para moverse relativamente entre sí. El movimiento puede ser un movimiento libre, un movimiento restringido o limitado, un

15 movimiento sobre la base de un modelo de articulador, tal como un modelo de articulador físico mecánico, etc.

En alguna realización la mandíbula superior virtual se fija de manera que la mandíbula inferior virtual se configura para moverse respecto a la mandíbula superior virtual. La mandíbula superior virtual puede ser fijada en el espacio virtual que comprende el articulador virtual y los modelos de dientes superiores e inferiores.

20 En algunas realizaciones el método comprende realizar las pruebas de colisión de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual exclusivamente a lo largo del eje oclusal del articulador virtual.

En algunas realizaciones el método comprende además fijar la mandíbula superior virtual al eje oclusal de manera que la mandíbula inferior virtual se configura para moverse respecto a la mandíbula superior virtual.

Una propiedad común de la mayoría de articuladores físicos es que la parte inferior que sostiene la mandíbula inferior se fija al eje oclusal, porque la parte inferior está reposando sobre una mesa. La parte superior puede entonces ser

25 movida respecto a la parte inferior. Es una ventaja que según el presente método la mandíbula superior se fije respecto al eje oclusal, que se asemeja a la anatomía del cráneo humano, donde la mandíbula superior se fija al resto del cráneo y la mandíbula inferior se puede mover respecto a la mandíbula superior. Sin embargo, como alternativa la mandíbula inferior se podría fijar a los ejes oclusales.

En algunas realizaciones el método comprende además definir una estructura de búsqueda en la mandíbula superior virtual configurada para buscar en caminos circulares predefinidos alrededor del eje oclusal para detectar colisiones con la superficie del modelo de mandíbula inferior.

30 En algunas realizaciones el método comprende además que la mandíbula inferior virtual se configure para moverse automáticamente a través de al menos un camino de movimiento predefinido respecto a la mandíbula superior virtual.

En algunas realizaciones el método comprende además detectar la primera posición en el eje oclusal en la que la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual están en contacto. Estas realizaciones son ventajas porque en general, calcular colisiones entre modelos 3D complejos y proporcionar respuesta a colisiones para impedir penetración es un problema computacionalmente caro. Sin embargo, el tiempo de computación se puede mejorar drásticamente, si se computan estructuras de búsqueda 3D adecuadas en los modelos antes de las pruebas de colisión. Ejemplos de tales estructuras de búsqueda son limitar jerarquías de volumen, tales como árboles AABB, y

40 estructuras de partición espacial, tales como árboles BSP, árbol octal y árboles kd.

En articuladores físicos hay varios grados de libertad y uno de estos grados de libertad de movimiento es dado por un eje de rotación que modela oclusión, también llamado el eje oclusal. Es una ventaja que en el presente articulador virtual sea suficiente para realizar prueba de colisión y evaluar la respuesta a lo largo del eje oclusal, es decir, para cualquier configuración dada de los otros grados de libertad, y de ese modo encontrar la primera posición en el eje oclusal para la que los dos modelos de mandíbula están en contacto. Esto reduce la dimensionalidad del problema de cálculo y permite el uso de estructuras de búsqueda más especializadas, que se dirigen a calcular el primer punto de intersección con un modelo 3D a lo largo de un camino circular dado alrededor de un eje de rotación estático. Así, para cada etapa de movimiento a lo largo de los otros ejes, es decir, para cada grado de libertad, se puede calcular cuándo y en qué puntos los dientes de las mandíbulas colisionarán a lo largo del eje oclusal. Así, para cada movimiento de las mandíbulas a lo largo de cualquiera de los ejes, las mandíbulas pueden en principio o sobre cálculo ser cerradas y luego abiertas a lo largo del eje oclusal para probar la colisión entre dientes. Así se pueden configurar caminos de movimiento predefinidos a lo largo del eje oclusal, donde se puede calcular cómo, cuándo, dónde colisionarán las mandíbulas para diferentes situaciones.

55 Así es una ventaja construir una estructura de búsqueda en el modelo de mandíbula superior especializado para buscar en caminos circulares alrededor del eje oclusal. Para cualquier configuración de los otros grados de libertad, este tipo de estructura de búsqueda se puede usar para realizar prueba de colisión y respuesta a lo largo del eje

oclusal al buscar desde la superficie del modelo de mandíbula inferior. Esto hace posible prueba de colisión y respuesta en tiempo real. Si la mandíbula superior y la estructura de búsqueda no estuvieran fijas, la estructura de búsqueda tendría que ser de otro modo actualizada y recalculada, cuando se cambia la ubicación relativa del modelo de mandíbula y el eje oclusal, lo que haría inviable simulación en tiempo real.

5 En algunas realizaciones las colisiones se configuran para ser registradas y marcadas visualmente. Una ventaja de esta realización es que cuando se registran y detectan los puntos de colisión, se obtienen superficies enteras de puntos de colisión, y las restauraciones dentales se pueden diseñar, modelar o modificar sobre la base de esto. Una superficie de puntos de colisión puede ser denotada el rastro o el rastro de movimiento.

10 En algunas realizaciones puntos de colisión en una colisión proporcionan una superficie de puntos de colisión. La superficie de puntos de colisión puede proporcionar un rastro de movimiento. La superficie de puntos de colisión puede ser visualizada y usada para diseñar la restauración (o restauraciones). Se puede proporcionar un mapa de profundidades de colisión y se actualiza con la superficie de puntos de colisión.

15 Cuando se simulan relativamente entre sí dientes no modificados, sus rastros de movimiento o sus superficies no pueden penetrarse entre sí. Lo mismo puede ser el caso para una restauración respecto a un diente no modificado. Sin embargo, como alternativa puede ser el caso que cuando una restauración y un diente no modificado se simulan relativamente entre sí, la superficie de movimiento de la restauración puede penetrar el diente no modificado. Así el término superficie de colisión o rastro de los puntos de colisiones o superficie de puntos de colisión se usa tanto para describir cuándo se simula que dientes no modificados se mueven respecto a dónde colisionan los dientes y no penetran entre sí como para describir cuándo se simula una restauración respecto a dientes no modificados dónde la restauración puede penetrar los dientes no modificados, es decir, la restauración y los no modificados pueden penetrarse entre sí. Las colisiones o superficies de colisión simuladas entre dientes no modificados pueden determinar el movimiento que se puede realizar entre los modelos de dientes superiores e inferiores.

Este movimiento determinado puede ser usado y estudiado entonces cuando se diseña la restauración.

25 El aparato o la restauración diseñados virtualmente se pueden cortar o diseñar respecto al movimiento de rastro de colisión.

30 En algunas realizaciones la parte de la una o más restauraciones dentales que provocan una colisión se configuran para ser retiradas automáticamente de la mandíbula virtual respectiva. Como alternativa, el usuario puede retirar la parte, p. ej., una parte de material seleccionándola manualmente en el programa de software que realiza la simulación de articulador virtual. Tradicionalmente, las restauraciones se hacían únicamente en una mandíbula cada vez, no en ambas mandíbulas simultánea o concurrentemente. Según el presente método, p. ej., ahora se puede diseñar simultáneamente una corona en un diente en la mandíbula superior y un puente en dientes en la mandíbula inferior, que son opuestos al diente en la mandíbula superior. Así según el presente método se pueden diseñar dientes, incluidos dientes opuestos en la mandíbula superior e inferior, y evaluarse con relación a colisiones y verse simultáneamente.

35 En algunas realizaciones el método comprende además que el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí se configuren para que sea registrado digitalmente. Una ventaja de esta realización es que cuando se registran los movimientos, tras modelar una restauración, el registro se puede reproducir para probar el modelado.

40 En algunas realizaciones se configura para reproducirse un movimiento predefinido de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí.

En algunas realizaciones el movimiento predefinido comprende movimiento en una o más de las direcciones:

- protrusión;
- retrusión;
- laterotrusión a la derecha;
- 45 - laterotrusión a la izquierda;
- mediotrusión a la derecha;
- mediotrusión a la izquierda;
- latero-re-surtrusión a la derecha;
- latero-re-surtrusión a la izquierda.

50

En algunas realizaciones el movimiento predefinido se configura para ser terminado automáticamente sobre la base de una o más restricciones. Las restricciones se pueden determinar por las fronteras de los dientes. Las restricciones pueden ser determinadas por los caninos en el toque superior e inferior entre sí.

En algunas realizaciones el método comprende además que durante el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí se registran todas las colisiones que ocurren entre dientes, y después de acabarse el movimiento, se realiza modelado de los puntos de colisión de las restauraciones. Así se realiza un movimiento de las mandíbulas en un movimiento continuo, es decir, de manera que una mandíbula realiza un movimiento que cubre completamente un plano de la otra mandíbula, por lo que se registran todas las colisiones entre las dos mandíbulas, que son posibles cuando se tienen en cuenta restricciones fisiológicas. Así las colisiones se acumulan, y después de completarse el movimiento y se registran todas colisiones, entonces se realiza modelado de los puntos de colisiones en las restauraciones. En la técnica anterior, se selecciona una posición de las mandíbulas relativamente entre sí, se detectan colisiones para esta posición, se realiza modelado de las restauraciones en estos puntos de colisión, y entonces se selecciona una nueva posición, se detectan colisiones para esta posición, se realiza modelado para las restauraciones con estos puntos de colisión, etc. Así en la técnica anterior no se describe o no es posible movimiento, registro acumulado de superficies de puntos de colisión ni posibilidad de realizar un modelado simultáneo de restauraciones sobre la base de todos los puntos de colisión. En la técnica anterior se puede detectar oclusión estática, pero no oclusión dinámica o articulación. Así en la técnica anterior, las mandíbulas están en una posición estática relativamente entre sí, se puede decir que están trabadas relativamente entre sí.

Es una ventaja que las colisiones se acumulen, dado que esto da una representación recogida de los puntos de contacto o colisiones. Al ver la representación recogida de los puntos de contacto y las colisiones el técnico dental se puede realizar un modelado adecuado de todas las restauraciones con puntos de colisión.

Además, es una ventaja realizar un movimiento de las mandíbulas relativamente entre sí en un movimiento continuo, dado que esto se asemeja el uso de un articulador físico, que un técnico dental puede usar para trabajar. Así es fácil para el técnico dental aprender a simular oclusión en el programa de ordenador, porque la simulación virtual y el modelado se asemejan a la simulación manual y el modelado en un modelo físico usando un articulador físico.

En algunas realizaciones se realiza concurrentemente modelado automático de todos los puntos de colisión de restauraciones. Así el modelado de restauraciones en cada punto de colisión se puede realizar concurrentemente, simultáneamente, de una vez, etc. Cada punto de colisión individual no se tiene que modelar por separado, pero algunos o todos los puntos de colisiones de restauraciones se pueden modelar colectivamente. El modelado puede comprender retirar las partes de las restauraciones que fueron detectadas como puntos de contacto, lo que corresponde a retirar manualmente material de una restauración.

En algunas realizaciones cada punto de colisión de una restauración se modela por separado.

En algunas realizaciones las restauraciones son penetrables. Así dientes sin restauraciones son impenetrables pero las restauraciones, p. ej., la parte de los dientes que es una restauración, pueden ser penetrables. Esto es una ventaja cuando se modelan las restauraciones.

En algunas realizaciones la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se configuran para rebotar entre sí tras una colisión. El rastro de movimiento puede ser registrado, por lo que se puede usar en el diseño de la restauración (o restauraciones).

En algunas realizaciones el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí se configura para ser realizado en tiempo real correspondiente a movimientos de articulador natural.

En algunas realizaciones el método comprende además seleccionar un modelo geométrico predefinido para el articulador virtual entre varios modelos geométricos predefinidos. Es una ventaja que el usuario pueda seleccionar un modelo geométrico virtual de varios modelos geométricos predefinidos, dado que los modelos pueden representar articuladores mecánicos físicos de marcas específicas; modelos geométricos que el usuario ha definido, modelos geométricos estándar, etc. Además, el modelo geométrico puede ser un modelo fisiológico o biológico, etc., tal como un modelo de la geometría de cráneo. Así el usuario puede seleccionar un modelo geométrico que se adecua a él o al caso específico de paciente. El modelo geométrico seleccionado puede imponer restricciones en los movimientos, o el modelo geométrico puede proporcionar movimiento libre. El modelo geométrico seleccionado proporciona la base para la articulación y/u oclusión que se puede probar o simular.

En algunas realizaciones el articulador dinámico virtual se configura para ser seleccionado entre varios articuladores virtuales que se asemejan a articuladores físicos.

En algunas realizaciones el método comprende además seleccionar varios grados de libertad para el modelo geométrico.

En algunas realizaciones el método comprende además alinear la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual para que corresponda a la alineación anatómica de las mandíbulas en la boca del paciente. Esta alineación se puede definir como alineación estándar.

En algunas realizaciones la alineación anatómica de las mandíbulas se determina realizando una medición de la geometría facial del paciente.

En algunas realizaciones la geometría facial del paciente se determina realizando un escaneo facial del paciente. El escaneo facial puede dar como resultado una representación tridimensional (3D) de la cara del paciente. El escaneo facial puede comprender imágenes individuales fijas o puede comprender vídeo que comprende secuencias de imágenes fijas que representan la cara en movimiento. Como alternativa y/o adicionalmente la geometría facial específica del paciente se puede determinar por medio de arco facial o arcos faciales tradicionales usando electrónica y ópticas, donde los arcos faciales se conectan a, p. ej., las orejas o en el exterior de la mandíbula. Así cuando el paciente mueve sus mandíbulas, los arcos faciales miden los movimientos, y el articulador mecánico es ajustado según esto. Movimientos pueden comprender oscilación de las mandíbulas, apertura de la boca, arrastre de la mandíbula hacia delante, hacia atrás etc.

En algunas realizaciones el método comprende además configurar la mandíbula inferior virtual para que sea movida por un usuario. Como alternativa, ambas mandíbulas virtuales se pueden mover relativamente entre sí.

En algunas realizaciones la mandíbula inferior virtual se configura para simular movimientos en las siguientes direcciones:

- protrusión (movimiento directo hacia delante);
- laterotrusión y mediotrusión (movimientos hacia delante-a los lados tanto a izquierda como a derecha);
- retrusión (movimiento directo hacia atrás); y
- latero-re-surtrusión (tanto a izquierda como a derecha);

Así el movimiento puede comprender:

- protrusión;
- retrusión;
- laterotrusión a la derecha;
- laterotrusión a la izquierda;
- mediotrusión a la derecha;
- mediotrusión a la izquierda;
- latero-re-surtrusión a la derecha;
- latero-re-surtrusión a la izquierda.

En algunas realizaciones el método comprende además posicionar un plano de alineación virtual respecto a la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual, donde la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual definen un modelo virtual del conjunto de dientes, en donde el método comprende las etapas de:

- visualizar el plano de alineación virtual y la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual; y
- posicionar automáticamente el plano de alineación virtual y la mandíbula inferior virtual y mandíbula superior virtual relativamente entre sí.

El modelo superior virtual y/o el modelo inferior virtual se pueden disponer primero en el articulador virtual, y entonces después se posiciona el plano de alineación o viceversa.

También puede no visualizarse el plano de alineación virtual, y así puede ser invisible o estar desvanecido.

Es una ventaja que los modelos virtuales se puedan alinear respecto a un plano de alineación virtual. El plano de alineación virtual se puede determinar, p. ej., sobre la base de un plano en un articulador mecánico. En un articulador mecánico puede haber una marca, p. ej., entrantes en las varillas verticales, para disponer manualmente una banda de caucho roja. La banda de caucho se usa para disponer, tal como alinear, los dos modelos físicos de los dientes superiores e inferiores.

En algunas realizaciones el posicionamiento automático se basa en uno o más parámetros.



En algunas realizaciones el método comprende además posicionar un plano de alineación virtual respecto a la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual, donde la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual definen un modelo virtual del conjunto de dientes, en donde el método comprende las etapas de:

- visualizar el plano de alineación virtual y la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual; y

5 - posicionar automáticamente el plano de alineación virtual y la mandíbula inferior virtual y mandíbula superior virtual relativamente entre sí sobre la base de uno o más parámetros.

Es una ventaja que el plano de alineación virtual y el modelo virtual de los dientes se posicionen relativamente entre sí sobre la base de algunos parámetros, porque dependiendo de qué parámetros están disponibles para el paciente y caso específicos, se pueden usar los parámetros disponibles pertinentes para realizar el posicionamiento. Si no hay  
10 disponibles parámetros específicos para el paciente específico, se pueden usar parámetros estándar o predeterminados. Pero si para el paciente hay disponibles parámetros específicos, estos parámetros se pueden usar de manera que el resultado se pueda lograr más rápido y con un resultado mejor. Como se menciona más adelante, los parámetros específicos de paciente se pueden obtener con un arco facial que proporciona información acerca de oclusión estática, con un arco facial electrónico que proporciona información acerca de oclusión estática y dinámica, con un escáner facial que proporciona también información acerca de oclusión estática y dinámica, etc.

El plano de alineación virtual se puede definir o determinar de maneras diferentes. El plano de alineación puede ser llano, a nivel o parejo, o curvado, irregular, desigual o no uniforme, etc. El plano de alineación puede seguir o cumplir con la forma de los bordes y/o cúspides incisales o de mordida de los dientes.

El plano de alineación puede ser, por ejemplo, la curva de Spee. La curva de Spee se define porque las puntas de  
20 cúspide y bordes incisales de los dientes se alinean de modo que hay una curva lineal lisa cuando se ve desde el aspecto lateral. La curva inferior de Spee es cóncava mientras que la superior curva es convexa. La curva de Spee puede ser llamada curva de compensación del arco dental.

El conjunto de dientes puede ser un conjunto entero de dientes que cubre todos los dientes en la boca de un paciente, o el conjunto de dientes puede ser una parte de un conjunto entero de dientes, así el conjunto de dientes también  
25 puede ser denotado al menos una parte de un conjunto de dientes.

La expresión “posicionamiento respecto a” significa ya sea que el plano de alineación virtual está fijado en posición cuando se ve en, p. ej., una interfaz gráfica de usuario, tal como una pantalla de ordenador, y entonces el modelo virtual es movido, o significa que el modelo virtual está fijado en posición cuando se ve en, p. ej., la pantalla de ordenador, y entonces el plano de alineación virtual es movido. De cualquier manera se ve virtualmente que el modelo  
30 virtual y el plano de alineación virtual se mueven relativamente entre sí. Posicionamiento se puede definir como colocación, disposición, etc. Oclusión se puede definir como los contactos entre los dientes superiores e inferiores, o como la relación entre los dientes maxilares (superiores) y mandibulares (inferiores) cuando se aproximan entre sí, como ocurre al masticar o en reposo.

En algunas realizaciones el uno o más parámetros se derivan de un escaneo facial del paciente. Es una ventaja que  
35 el uno o más parámetros se puedan derivar de un escaneo facial del paciente, donde se escanean los movimientos de las mandíbulas cuando el paciente realiza, p. ej., oclusión dinámica, porque esto permite registrar movimientos dinámicos de la mandíbula de manera que se puede registrar oclusión dinámica realizada al masticar y en movimientos de apertura/cierre. El escaneo facial como alternativa y/o adicionalmente se puede usar para medir la oclusión estática del paciente. Esta oclusión estática y la oclusión dinámica para el paciente específico se pueden usar entonces cuando  
40 se simula oclusión en el articulador virtual, y el plano de alineación se puede posicionar respecto al modelo virtual de los dientes de manera que sea una alineación fisiológicamente correcta para ese paciente específico. Cuando la alineación de los dientes en el articulador virtual es idéntica a la alineación fisiológica en la boca del paciente, la articulación y la oclusión del articulador virtual serán fisiológicamente correctas, y se puede realizar modelado de restauraciones con un encaje y resultado óptimos.

Como alternativa a usar un escáner facial, se pueden usar otros medios de registro en “vivo”, tales como un escaneo por TC, etc.

Además, en algunas realizaciones el escáner facial se usa para medir rasgos de la cara del paciente, tales como la línea media facial, la línea media de arco, el plano incisal, y/o la línea interpupilar.

Además, en algunas realizaciones el método comprende además la etapa de simular y estimar interferencias oclusales  
50 dinámicas, en donde dichas interferencias se deducen al menos parcialmente de una pluralidad de escaneos que registran dicha articulación de mandíbula del paciente al seguir al menos un objeto de referencia fijado a los dientes del paciente. Incluso una realización adicional comprende la etapa de calcular la articulación de la mandíbula y de ese modo simular y/o estimar interferencias oclusales dinámicas.

En algunas realizaciones de la invención el escáner facial se usa para medir movimientos 3D de las mandíbulas y la  
55 cara del paciente en tiempo real. En algunas realizaciones de la invención el escáner facial se usa para medir la posición de la mandíbula superior y/o la mandíbula inferior con respecto al cráneo. Así el escáner facial puede entonces

- sustituir un arco facial, que se usa tradicionalmente para esta medición estática. Así el escáner facial se puede usar para medir planos de la cara, tales como determinación céntrica o la línea media, se puede usar para medir movimiento de mandíbula, y/o se puede usar para medir la conexión y/o el movimiento de las mandíbulas respecto al resto del cráneo. Así el movimiento de mandíbulas medido, que son los movimientos físicamente verdaderos, se usa para
- 5 simular el movimiento en un articulador virtual dinámico, de manera que se pueden diseñar restauraciones dentales, donde las restauraciones dentales tienen funcionalidad y estética mejoradas. Así el escáner facial puede realizar las pertinentes mediciones para proporcionar una restauración dental, y de ese modo sustituir el uso de, p. ej., arcos faciales, arco facial electrónico, uso de valores o configuración estándar, etc.
- 10 En una realización adicional de la invención el cálculo y/o la estimación de la articulación de la mandíbula y/o las interferencias oclusales dinámicas se basan al menos parcialmente en una pluralidad de escaneos faciales y al menos un modelo 3D de los dientes pre-preparados y/o preparados, un modelo 3D que comprende el antagonista. Para exactitud y precisión óptimas, es ventajoso fijar una o más esferas u objetos de referencia a los dientes.
- 15 En algunas realizaciones los movimientos de las mandíbulas del paciente se escanean en 3D y en tiempo real usando el escáner facial. Es una ventaja que el escáner facial escanee en tiempo real, dado que en tiempo real significa que el escáner registra movimientos en tiempo real, es decir, el escáner registra el movimiento entero conforme sucede, de manera que se registra cada etapa a lo largo del movimiento. Si el escáner facial no es un registro en tiempo real el propio movimiento no puede ser registrado, sino únicamente algunos puntos separados, p. ej., puntos extremos de las mandíbulas. Si un escáner facial únicamente toma un escaneo cada minuto o el escaneo tarda un minuto en hacerse, ese escáner facial no será un escáner en tiempo real, dado que la mandíbula y los músculos faciales se
- 20 moverán mucho más rápido que en movimientos verdaderos al masticar. Así un escáner facial en tiempo real registrará movimientos graduales tomando varios fotogramas 3D completos por segundo, como se sabe de una videocámara.
- En algunas realizaciones se define un plano virtual y se dispone relativo al articulador virtual.
- En algunas realizaciones el plano virtual se fija respecto al articulador virtual.
- En algunas realizaciones el plano virtual es visualizado respecto al modelo superior e inferior.
- 25 En algunas realizaciones el plano virtual es un plano de alineación virtual.
- En algunas realizaciones el plano de alineación virtual se fija respecto al articulador virtual.
- En algunas realizaciones, la
- 30 Es una ventaja disponer un plano virtual o plano de alineación virtual respecto al articulador virtual dado que esto puede mejorar la alineación del modelo de dientes superiores e inferiores relativamente entre sí. Es una ventaja que el operador o usuario pueda rotar virtualmente los modelos con el plano conectado a ellos, y que pueda acercar y estudiar detalles en la alineación de los modelos.
- 35 En algunas realizaciones el plano de alineación virtual es un plano oclusal predeterminado. Es una ventaja porque un plano oclusal predeterminado se puede definir como plano que pasa a través de las superficies oclusal o de mordida de los dientes. Representa la media de la curvatura de la superficie oclusal. Se puede definir en el plano que abarca entre tres dientes específicos como se ha explicado anteriormente. Además, el plano oclusal se puede definir como superficie imaginaria que se relaciona anatómicamente con el cráneo y que teóricamente toca los bordes incisales de los incisivos y las puntas de las superficies de oclusión de los dientes posteriores. Representa la media de la curvatura de la superficie. Además, el plano oclusal se puede definir como línea dibujada entre puntos que representan una
- 40 mitad del entrecruzamiento vertical incisal, solapamiento vertical, delante y una mitad de la altura de cúspide de los últimos molares atrás. El plano oclusal puede estar marcado en un articulador físico mecánico con una banda de caucho colocada en puntos específicos respecto a los dientes en el modelo de los dientes, de manera que la banda de caucho indica un plano.
- En algunas realizaciones el uno o más parámetros se derivan de un escaneo facial del paciente, donde los movimientos de las mandíbulas se escanean cuando el paciente realiza oclusión dinámica.
- 45 En algunas realizaciones los movimientos de las mandíbulas del paciente se escanean en 3D y en tiempo real usando el escáner facial.
- En algunas realizaciones uno o más de los parámetros se derivan de una medición de arco facial del paciente. Es una ventaja usar un arco facial para medir el uno o más parámetros en un paciente. Un arco facial convencional es un dispositivo usado en odontología para registrar oclusión estática, p. ej., un dispositivo para registrar las relaciones
- 50 posicionales del arco superior con las articulaciones temporomandibulares y para orientar moldeos dentales en esta misma relación con el eje de apertura del articulador. Así un arco facial puede permitir recopilar información de manera que se puede hacer que una restauración sea la relación exacta cráneo/eje del paciente y su anatomía. Usando un arco facial mecánico con sistema de medición electrónica se puede medir oclusión dinámica, y los datos de medición se pueden transmitir por cable o inalámbricamente al ordenador, o guardarse en un componente de memoria. Así los
- 55 datos de la medición electrónica de arco facial se pueden transferir al ordenador para ayudar a colocar el plano de

- alineación respecto al modelo virtual de los dientes. Un ejemplo de un arco facial electrónico es un arco facial que permite una medición precisa por medio de varios sensores, tales como transmisores de sonido y micrófonos. Un arco facial electrónico puede medir los movimientos de mandíbula inferior en relación al cráneo del paciente. Como alternativa, el arco facial electrónico puede ser un arco facial que usa tecnología de medición magnética, o el arco facial puede ser un arco facial que usa tecnología de medición por ultrasonidos, o el arco facial puede ser cualquier otro sistema electrónico que transfiera los datos de arco facial registrados a un ordenador. Un arco facial se puede conectar a la cabeza del paciente, p. ej., por encima o en las orejas, y al hueso nasal entre los ojos. Entonces en la boca del paciente se puede colocar una horquilla de mordida con material de impresión en ella p tocando los dientes en el arco superior, y por medio de, p. ej., mediciones por ultrasonidos, se puede determinar la distancia entre la horquilla de mordida y ciertos puntos en el arco facial y/o se pueden medir movimientos de las mandíbulas. La distancia se puede usar para derivar dimensiones anatómicas específicas de la cara y/o el cráneo del paciente. Además, entonces se puede disponer otra horquilla de metal en la superficie delantera de los dientes en el arco inferior, y el paciente puede mover su mandíbula inferior a diferentes posiciones extremas, y por medio de, p. ej., mediciones por ultrasonidos, se pueden medir estos movimientos y posiciones extremas de la mandíbula inferior respecto al arco facial, y mediante estas mediciones se puede determinar la oclusión dinámica y/o dimensiones anatómicas específicas de la cara y/o el cráneo del paciente. Todas las mediciones de oclusión estática y/o dinámica con el arco facial como se ha descrito anteriormente se pueden hacer y almacenar electrónicamente, y las mediciones pueden así ser transferidas a un ordenador en el que se realiza el método implementado por ordenador para colocar el plano de alineación virtual respecto al modelo virtual de los dientes, y así la oclusión dinámica medida en el paciente se puede usar para realizar la colocación del plano de alineación virtual respecto al modelo virtual de los dientes. Así la oclusión dinámica puede ser registrada electrónicamente y reproducida o repetida, mientras se modela, p. ej., una restauración. Además, en algunas realizaciones desde un arco facial se transfiere información acerca de los movimientos de mandíbula inferior en relación a la mandíbula superior y se usa para definir el plano de alineación virtual.
- Además, en algunas realizaciones de un arco facial se transfiere información acerca de las relaciones posicionales del arco superior con las articulaciones temporomandibulares y se usa para definir el plano de alineación virtual.
- En algunas realizaciones el método comprende además determinar la posición y la orientación del arco facial respecto al arco superior del paciente.
- En algunas realizaciones el método comprende además determinar la posición y la orientación del arco facial respecto al articulador físico.
- En algunas realizaciones el método comprende además determinar la posición y la orientación del arco facial respecto al articulador virtual.
- En algunas realizaciones el arco facial comprende una horquilla de mordida con material de impresión para proporcionar una impresión del arco superior de los dientes, y el método comprende además determinar la posición y la orientación de la horquilla de mordida respecto al arco facial.
- En algunas realizaciones el método comprende además escanear la horquilla de mordida con la impresión de los dientes de arco superior para proporcionar un escaneo de la impresión y un escaneo de la horquilla de mordida. Así se puede proporcionar un escaneo de la impresión, un escaneo de la horquilla de mordida, y un escaneo de tanto la impresión como de la horquilla de mordida. Es una ventaja escanear la impresión en la horquilla de mordida material, dado que por la presente la impresión se puede usar para alinear la mandíbula virtual superior e inferior y/o alinear el plano, etc. Así el modelo virtual del conjunto de dientes se puede alinear con la horquilla de mordida y/o la impresión en la horquilla de mordida al alinear las depresiones/entrantes y picos/parte superior en el modelo y en la impresión.
- En algunas realizaciones el escaneo de la impresión se alinea con el modelo virtual del conjunto de dientes.
- Es una ventaja alinear el escaneo de la impresión en la horquilla de mordida respecto al modelo virtual de los dientes, es decir, respecto a los modelos de mandíbula superior e inferior. Las depresiones en el material de impresión corresponden a los picos o puntos altos de los dientes, así las depresiones o puntos bajos en el escaneo de la impresión encajan en los correspondientes picos o puntos altos en el modelo virtual del conjunto de dientes.
- En algunas realizaciones el método comprende además determinar la posición y la orientación de la horquilla de mordida respecto al articulador virtual. Así el arco facial tiene un sistema de coordenadas, CF. Este sistema de coordenadas CF es transferido directamente al sistema de coordenadas de articulador mecánico CMA cuando la parte de arco facial con la horquilla de mordida se inserta en el articulador mecánico. Los modelos físicos de moldeo se conectan entonces al articulador por medio de la información de arco facial. Si se desea obtener información de posición y orientación del sistema de coordenadas de arco facial CF y el sistema de coordenadas de horquilla de mordida CBF en el sistema de coordenadas de articulador virtual CVA, esta información debe ser transformada de modo que se vuelva digital o se puede convertir en valores para ser leídos o tecleados en el programa de software de articulador virtual. La distancia entre la posición de la horquilla de mordida respecto a algo en el arco facial debe ser determinada y digitalizada para ser transferida al sistema de coordenadas de articulador virtual (CVA). Cuando se usa un arco facial electrónico, se mide electrónicamente una distancia entre la horquilla de mordida y un punto en el arco facial, y esta medición electrónica puede ser transferida al ordenador y el sistema de coordenadas de articulador virtual

CVA. Los diferentes sistemas de coordenadas usados pueden ser calibrados relativamente entre sí.

5 En algunas realizaciones determinar la posición y la orientación de la horquilla de mordida respecto al articulador virtual comprende ajustar/encajar el escaneo de la impresión en el articulador virtual. Así el modelo o archivo CAD del escaneo de la horquilla de mordida se puede usar para alinear la horquilla de mordida y la impresión en la horquilla de mordida en el articulador virtual.

En algunas realizaciones determinar la posición y la orientación de la horquilla de mordida respecto al articulador virtual comprende leer valores en el arco facial y/o la horquilla de mordida y teclear los valores en una interfaz de usuario para el articulador virtual.

10 En algunas realizaciones determinar la posición y la orientación de la horquilla de mordida respecto al articulador virtual comprende transferir datos electrónicamente desde el arco facial y/o la horquilla de mordida al articulador virtual. Esto es posible por ejemplo cuando el arco facial es un arco facial electrónico.

En algunas realizaciones determinar la posición y la orientación de la horquilla de mordida respecto al articulador virtual comprende:

- disponer la horquilla de mordida con la impresión en un soporte específico en un escáner 3D; y
- 15 - calibrar la posición y la orientación del soporte respecto al articulador virtual.

Esto puede ser ventajoso cuando la horquilla de mordida tiene una posición fija o determinada respecto al arco facial, p. ej., cuando el arco facial es un arco facial electrónico, de manera que la distancia entre puntos específicos en el arco facial y en la horquilla de mordida se miden electrónicamente.

20 En algunas realizaciones determinar la posición y la orientación de la horquilla de mordida respecto al articulador virtual comprende alinear el escaneo de la horquilla de mordida con un modelo CAD de la horquilla de mordida.

Esto puede ser ventajoso cuando la horquilla de mordida tiene una posición fija o determinada respecto al arco facial, p. ej., cuando el arco facial es un arco facial electrónico, de manera que la distancia entre puntos específicos en el arco facial y en la horquilla de mordida se miden electrónicamente.

25 Para la alineación se puede usar el método de puntos más cercanos iterativos (ICP), y así se minimiza la diferencia o la distancia entre dos nubes de punto de escaneos o modelos.

En algunas realizaciones a través de calibración de los diferentes sistemas de coordenadas para el escaneo(s), el modelo(s) CAD y/o el modelo(s) virtual(es) se determina una transformación entre un escaneo de la impresión y/o un escaneo de la horquilla de mordida y/o un modelo virtual de dientes y/o un modelo CAD a fin de disponerlos en el mismo sistema de coordenadas virtual en una interfaz de usuario.

30 En algunas realizaciones se alinea un escaneo de un modelo físico de la mandíbula superior, un escaneo de un modelo físico de la mandíbula inferior y un escaneo de los modelos físicos de las dos mandíbulas en oclusión para derivar datos de oclusión.

En algunas realizaciones el posicionamiento del plano de alineación virtual respecto al modelo virtual del conjunto de dientes se configura para ser afinado manualmente por un operador.

35 En algunas realizaciones el posicionamiento del plano de alineación virtual respecto al modelo virtual del conjunto de dientes se configura para ser realizado por el operador seleccionando uno o más puntos virtuales respecto al modelo virtual del conjunto de dientes adentro del que se deben mover punto(s) del plano de alineación virtual. Así puede ser una alineación de un punto, una alineación de dos puntos, una alineación de tres puntos, etc. Uno o más de los puntos se pueden disponer por ejemplo en dientes molares posteriores, tales como un primer punto dispuesto en el diente más trasero en el lado izquierdo de la boca y un segundo punto dispuesto en el diente más trasero en el lado derecho de la boca. Se puede disponer un tercer punto en la línea mediana en los dientes centrales o en uno de los dientes centrales. Se pueden disponer puntos en la mandíbula inferior y/o superior.

En algunas realizaciones el uno o más parámetros son parámetros predeterminados estándar.

45 En algunas realizaciones el uno o más parámetros son parámetros específicos de paciente derivados del paciente específico.

En algunas realizaciones el plano de alineación virtual es un plano de alineación predeterminado.

En algunas realizaciones el plano de alineación predeterminado es predefinido y determinado sobre la base de valores estándar.

50 En algunas realizaciones el plano de alineación virtual es un plano de alineación específico de paciente, que se determina sobre la base de uno o más parámetros del paciente.

En algunas realizaciones el uno o más parámetros se derivan del modelo virtual del conjunto de dientes. Así, del modelo se pueden derivar dimensiones de los arcos, mandíbulas, diferencias de altura entre dientes, etc.

En algunas realizaciones uno o más de los parámetros se basan en uno o más dientes preparados que deben ser restaurados.

- 5 En algunas realizaciones uno o más de los parámetros son la posición de uno o más dientes preparados, la dirección de superficie labial o bucal de los dientes preparados, y/o la dirección hacia arriba o hacia abajo de los dientes preparados.

En algunas realizaciones uno o más de los parámetros se basan en la colocación horizontal y/o vertical del uno o más dientes.

- 10 En algunas realizaciones uno o más de los parámetros son la posición de varios dientes específicos.

En algunas realizaciones uno o más de los parámetros se basan en el punto(s) más alto de los dientes en el arco inferior y/o en el arco superior.

- 15 En algunas realizaciones el uno o más parámetros son un punto en un diente molar en el lado izquierdo del arco inferior, un punto en un diente molar en el lado derecho de arco inferior y un punto entre los dientes centrales en el arco inferior. Es una ventaja usar estos puntos como parámetros dados que definen un plano. Los puntos pueden ser por ejemplo: la cúspide distal-bucal del segundo molar en ambos lados izquierdo y derecho del arco inferior o mandíbula, y el punto 1 mm por debajo del borde incisal en el espacio entre los dos dientes centrales en el arco inferior o mandíbula. Estos puntos definen un plano, que pueden definir el plano oclusal.

En algunas realizaciones el uno o más parámetros comprenden mediciones y/o valores para el/la:

- 20 - ángulo condilar;  
- movimiento lateral de Bennett;  
- guiamiento incisal;  
- guiamiento de cúspide;  
- forma de la fosa glenoidea;  
25 - forma de la eminencia;  
- posición del maxilar duplicada con respecto al cráneo; y/o  
- ajustes de arco facial.

Es una ventaja usar uno o más de estos parámetros, dado que son las áreas donde se puede ajustar un articulador mecánico y de ese modo también el articulador virtual.

- 30 En algunas realizaciones se indica un conjunto de dientes estándar en el plano de alineación para ayudar al operador a colocar correctamente el plano de alineación y el modelo virtual de los dientes relativamente entre sí.

En algunas realizaciones se proporcionan medios para hacer rotar y trasladar el plano de alineación y/o el modelo virtual de los dientes.

En algunas realizaciones los medios para rotar y trasladar se proporcionan como asas virtuales.

- 35 En algunas realizaciones el plano de alineación virtual y/o el conjunto virtual de dientes son semitransparentes o translúcidos de manera que tanto el plano de alineación virtual como el conjunto virtual de dientes son visibles simultáneamente.

- 40 Además, un modelo de moldeo físico de los dientes superiores o inferiores se puede conectar a cierta placa macho que encaja tanto en una placa hembra correspondiente en un escáner 3D como en una placa hembra correspondiente en un articulador mecánico. Por la presente se permite la transferencia de posiciones en el modelo entre el articulador y el escáner. Las posiciones determinadas a partir de esto pueden entonces ser transferidas al software de ordenador donde se realiza la articulación virtual y el modelado de restauraciones. También puede haber ciertas marcas de referencia en la placa macho, en el modelo etc.

- 45 En algunas realizaciones el modelo virtual del conjunto de dientes se realiza por medio de escaneo intraoral de los dientes o escaneando una impresión de los dientes o escaneando un modelo físico de los dientes.

En algunas realizaciones el método comprende registrar el rastro de la superficie de colisión, y cortar automáticamente material de diente sobre la base de la superficie de colisión. Es una ventaja que un corte virtual de material de los dientes modelados se pueda realizar sobre la base del rastro virtual de la superficie de puntos de colisión simulada. Por la presente después se tiene que retirar virtualmente material, pero se retira sobre la marcha durante la simulación.

5 La presente invención está relacionada con diferentes aspectos que incluyen el método descrito anteriormente y a continuación, y correspondientes métodos, dispositivos, sistema, usos y/o producto medios, cada produce uno o más de los beneficios y ventajas descritos en conexión con el primer aspecto mencionado, y cada uno tiene una o más realizaciones correspondientes a las realizaciones descritas en conexión con el primer aspecto mencionado y/o descrito en las reivindicaciones adjuntas.

10 En particular, en esta memoria se describe un sistema de articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes, cuando se realiza diseño asistido por ordenador de una o más restauraciones dentales para un paciente, donde el sistema comprende:

- medios para proporcionar el articulador virtual que comprende un modelo tridimensional virtual de la mandíbula superior y un modelo tridimensional virtual de la mandíbula inferior que se asemejan a la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, de la boca del paciente;

15 - medios para proporcionar movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí para simular oclusión dinámica, por lo que ocurren colisiones entre dientes en la mandíbula superior virtual e inferior virtual;

en donde el sistema comprende además:

20 - medios para proporcionar que los dientes de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se bloqueen para no penetrarse superficies virtuales entre sí en las colisiones.

Además se describe un producto de programa informático que comprende medios de código de programa para provocar que un sistema de procesamiento de datos realice el método descrito cuando dichos medios de código de programa son ejecutados en el sistema de procesamiento de datos, y un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador que en el mismo tiene almacenados los medios de código de programa.

25 Se describe un método implementado por ordenador para usar un articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes, cuando se realiza planificación de tratamiento ortodóntico asistido por ordenador para un paciente, donde el método comprende las etapas de:

30 - proporcionar el articulador virtual que comprende un modelo tridimensional virtual de dientes que comprende la mandíbula superior, definido como la mandíbula superior virtual, y un modelo tridimensional virtual de dientes que comprende la mandíbula inferior, definido como la mandíbula inferior virtual, que se asemeja a la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, de la boca del paciente;

35 - proporcionar movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí para simular oclusión dinámica, por lo que ocurren colisiones entre dientes en la mandíbula superior virtual e inferior virtual;

en donde, el método comprende además:

- proporcionar que los dientes de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se bloquean para que no se penetren superficies virtuales entre sí en las colisiones.

40 Es una ventaja que el articulador virtual dinámico se pueda usar para planificación de tratamiento en ortodoncia, dado que por la presente se puede simular oclusión dinámica para casos ortodónticos.

45 En algunas realizaciones la planificación de tratamiento en ortodoncia comprende segmentar dientes, mover dientes y/o simular movimiento de mandíbulas y dientes. Así cuando se usa un articulador dinámico virtual en planificación de tratamiento, se puede realizar virtualmente segmentación de dientes, se puede realizar virtualmente movimiento de dientes, se puede realizar virtualmente simulación de movimiento, etc. La planificación de tratamiento puede comprender proporcionar la situación dental existente para un paciente, y proporcionar una situación dental final deseada tras tratamiento ortodóntico, y entonces usar el método de articulación virtual dinámica para probar y simular si la situación dental final es adecuada.

50 Cuando se usa el método de articulación virtual dinámica en odontología restauradora, una parte de un diente modelado que colisiona con otro diente puede ser cortado automáticamente para evitar colisiones en la boca real del paciente durante articulación real, mordida, masticar, etc.

Sin embargo, cuando se usa el método de articulación virtual dinámica en odontología restauradora, no se deben cortar partes de dientes, sino que un diente que colisiona con otro diente se puede mover, rotar, girar, etc. en direcciones de modo que se evita colisión no deseada en la mordida real del paciente.

En algunas realizaciones el método comprende registrar el rastro de colisiones, y sobre la base de esto se planifica el tratamiento ortodóntico, p. ej., movimiento de los diferentes dientes.

En algunas realizaciones el método comprende asignar un peso a uno o más dientes.

En algunas realizaciones el peso asignado a un diente determina cómo de susceptible es el diente al movimiento.

- 5 En algunas realizaciones un peso alto significa que el diente no se debe mover, un peso bajo significa que en todas circunstancias se permite mover el diente, y un peso bajo significa que se permite mover el diente si es adecuado para el tratamiento. Es una ventaja asignar diferentes pesos a los dientes para controlar y guiar el tratamiento, p. ej., movimiento, dado que algunos dientes pueden tener una función o una posición que ya es importante para, p. ej., la funcionalidad de la mordida, y estos dientes no deben ser movidos por ningún medio. Mientras que otros dientes no
- 10 tienen una función o posición importantes, y por lo tanto puede ser insignificante para la funcionalidad o estética visual si esos dientes se mueven. El grupo medio puede comprender varios pesos diferentes en un intervalo, y si dos dientes colisionan de manera no deseada durante la simulación, entonces por ejemplo el diente con el peso más bajo es el que debe ser movido.

- 15 En algunas realizaciones dos o más dientes se traban juntos, por lo que los dos o más dientes se configuran para moverse como una entidad. Es una ventaja que dientes se puedan trabar juntos, dado que puede ser deseable por ejemplo que los dientes delanteros no se muevan relativamente entre sí.

En algunas realizaciones la planificación de tratamiento y la simulación de oclusión se realizan de manera iterativa, por lo que cada vez que se hace un cambio en el plan de tratamiento se simula la oclusión.

En algunas realizaciones se implementan restricciones de movimiento de uno o más dientes.

- 20 En algunas realizaciones se configura para realizar modelado de aparatos ortodónticos.

En algunas realizaciones se configura para ser simulada la oclusión del paciente con los aparatos modelados.

En algunas realizaciones el modelado de los aparatos se realiza de manera iterativa, por lo que para cada cambio en los aparatos se simula la oclusión.

- 25 En algunas realizaciones se modelan en paralelo aparatos para la mandíbula superior y aparatos para la mandíbula inferior.

En alguna realización los aparatos se configuran para ser anclajes, ortodoncias, férulas, retenedores, arcos de alambre, alineadores, y/o carcasas.

En algunas realizaciones los aparatos se configuran para retener dientes en su posición.

En algunas realizaciones los aparatos se configuran para dificultar que el paciente desgaste sus dientes.

- 30 En algunas realizaciones los aparatos se configuran para dificultar que el paciente ronque mientras duerme.

En algunas realizaciones los aparatos se configuran para ser confortables cuando los lleva el paciente.

En algunas realizaciones se simula oclusión del presente conjunto de dientes, y el uno o más aparatos diseñados se incluyen opcionalmente en la simulación.

En algunas realizaciones el uno o más aparatos diseñados se modifican sobre la base de la simulación de oclusión.

- 35 En algunas realizaciones el uno o más aparatos se modifican con respecto a posición y/o anatomía.

- 40 En algunas realizaciones el articulador virtual se configura para mantener los modelos superior e inferior en una posición de apertura. Es una ventaja que los modelos de dientes en el articulador virtual se puedan sostener en una posición de apertura porque para algunos casos ortodónticos se deben diseñar aparatos que mantengan la mandíbula superior e inferior en una posición de apertura con una distancia entre sí de manera que se puede remodelar la mordida. Cuando se mantienen los modelos en una posición de apertura en el articulador virtual se pueden diseñar estos aparatos para proporcionar una distancia entre los dientes. Así usando el articulador virtual se pueden diseñar aparatos que suben y abren la mordida.

Una ventaja adicional es que una restauración también se puede diseñar cuando el articulador virtual se configura con el modelo superior e inferior en una posición de apertura.

- 45 En algunas realizaciones los dientes en el articulador virtual son codificados por color para indicar contacto entre dientes.

En algunas realizaciones se registra la secuencia temporal de acontecimientos en la simulación de oclusión.

En algunas realizaciones se genera un compás oclusal sobre la base de la simulación de oclusión.

En algunas realizaciones un compás oclusal generado por oclusión dinámica real en la boca del paciente se trasfiere al articulador virtual dinámico.

5 En algunas realizaciones el compás oclusal indica movimientos en las siguientes direcciones:

- protrusión;
- retrusión;
- laterotrusión a la derecha;
- laterotrusión a la izquierda;
- 10 - mediotrusión a la derecha;
- mediotrusión a la izquierda;
- latero-re-surtrusión a la derecha;
- latero-re-surtrusión a la izquierda.

15 En algunas realizaciones el compás oclusal indica las diferentes direcciones de movimiento con diferentes colores en los dientes.

Un compás oclusal para una cúspide es un patrón tridimensional, que es la suma del movimiento de una cúspide en los tres planos de movimiento. El compás oclusal tiene elevaciones y depresiones, y para cualquier cúspide dada puede variar de la de cualquier otra cúspide como función de su relación con los centros de rotación mandibular. Así es una ventaja usar compases oclusales, dado que no hay un tipo de morfología oclusal adecuado para cada paciente. Así usando compases oclusales, se puede diseñar morfología y restauraciones funcionales para que encaje en el paciente específico.

20 Así usando compases oclusales, se puede diseñar morfología y restauraciones funcionales para que encaje en el paciente específico.

En algunas realizaciones se registran las fuerzas de contacto oclusal en una o más partes en los dientes.

En algunas realizaciones se registran las fuerzas de contacto oclusal con el tiempo en una o más partes de los dientes.

25 En algunas realizaciones las fuerzas de contacto oclusal se registran por medio de un sensor electrónico para medir las fuerzas de contacto oclusal.

En algunas realizaciones las fuerzas de contacto oclusal registradas se transfieren al articulador virtual dinámico.

Es una ventaja usar un sensor electrónico para medir las fuerzas de contacto oclusal, p. ej., un T-Scan III (R) de Tekscan, dado que por la presente las fuerzas de contacto oclusal se pueden determinar en la boca del paciente y transferir electrónicamente al articulador virtual dinámico para uso en la simulación de oclusión dinámica. La articulación virtual dinámica y la simulación de la mordida del paciente se pueden mejorar usando la medición de fuerza de contacto oclusal.

30 virtual dinámica y la simulación de la mordida del paciente se pueden mejorar usando la medición de fuerza de contacto oclusal.

En algunas realizaciones se simula la fuerza de oclusión. La simulación se realiza en el software, usando, p. ej., el articulador virtual.

En algunas realizaciones se visualiza la fuerza de oclusión registrada y/o simulada.

35 En algunas realizaciones se genera un modelo biofísico de la funcionalidad de las mandíbulas y la fuerza de la oclusión.

En algunas realizaciones se registran datos de una medición de fuerza por medio de un componente electrónico en la boca del paciente.

40 En algunas realizaciones los datos de la medición de fuerza se transfieren y se superponen en el articulador virtual dinámico.

En algunas realizaciones se genera un escaneo por TC de la boca del paciente, y se genera automáticamente un modelo 3D virtual de la boca del paciente sobre la base del escaneo, y se configura oclusión para ser simulada sobre la base del modelo 3D por TC.

45 En algunas realizaciones las posiciones y/o los tamaños de los músculos de mandíbula se derivan del escaneo por TC, y sobre la base de los músculos se configura para ser simulada la fortaleza de la oclusión.



En algunas realizaciones un escaneo por TC de al menos parte del cráneo del paciente se trasfiere al articulador virtual.

En algunas realizaciones, restricciones a la simulación de la oclusión se derivan del escaneo por TC.

5 En algunas realizaciones una o más raíces de diente son visuales en el escaneo por TC, y se usa la posición de la raíces de diente para simular movimiento de los dientes.

En algunas realizaciones se trasfiere una imagen 2D del paciente al articulador virtual.

En algunas realizaciones un peso asignado a un diente determina su importancia de funcionalidad para guiar la oclusión del paciente.

En algunas realizaciones un peso alto significa que el diente es importante para guiar la oclusión.

10 En algunas realizaciones un bajo peso significa que el diente no es importante para guiar la oclusión.

En algunas realizaciones un medio peso significa que la importancia del diente para guiar la oclusión es media.

15 En algunas realizaciones a los dientes centrales y/o los caninos se asigna un peso alto. Es una ventaja asignar un peso alto a los centrales y/o a los caninos de la mandíbula superior y/o inferior, dado que estos dientes a menudo son los dientes más importantes para guiar la oclusión, dado que son los dientes más largos. Así si estos dientes son importante para guiar la oclusión, preferiblemente no deben moverse, acortarse, retirarse, restaurarse, etc., dado que esto podría influir negativamente a la oclusión.

En algunas realizaciones se simula oclusión del presente conjunto de dientes, y la una o más restauraciones diseñadas se incluyen opcionalmente en la simulación.

20 En algunas realizaciones la una o más restauraciones diseñadas se modifican sobre la base de la simulación de oclusión.

En algunas realizaciones la una o más restauraciones se modifican con respecto a posición y/o anatomía.

En algunas realizaciones el articulador virtual se usa para simular oclusión cuando se diseña una prótesis retirable parcial para un paciente.

25 Es un problema si una restauración se vuelve demasiado alta, tal como extendiéndose un poco por encima de los dientes vecinos, porque entonces puede interrumpir la mordida del paciente y/o romperse fácilmente. Así se desea que la restauración sobre el diente preparado en la boca del paciente sea más baja o más corta que los dientes vecinos. Tradicionalmente, cuando se realiza modelado manual de restauraciones, el técnico dental empuja manualmente el diente preparado un poco hacia arriba en el modelo de moldeo y entonces hace la restauración. Cuando se realiza diseño o modelado virtuales de una restauración en software, tradicionalmente el modelo inferior virtual y el modelo superior virtual serán movidos virtualmente de manera que tengan un solapamiento, y entonces se diseña la restauración. Esto se hace porque los modelos son modelos virtuales y por lo tanto pueden penetrarse entre sí en el espacio 3D virtual en modelado con software tradicional.

35 En algunas realizaciones un diente preparado en el modelo 3D virtual es desplazado para disponerlo con una distancia desde su posición real respecto a sus dientes vecinos y/o su posición en la parte gingival antes de diseñar la restauración para el diente preparado. Es una ventaja porque cuando se diseña una restauración sobre el diente preparado desplazado, la restauración se puede diseñar para estar a nivel con los dientes vecinos, y cuando el diente preparado con restauración se dispone de nuevo en su posición real en el modelo 3D virtual, la restauración estará más baja o será más corta que los dientes vecinos, y la restauración real en el diente preparado real en la boca del paciente también estará más baja o será más corta por lo tanto que los dientes vecinos reales y por la presente la restauración, que puede ser más frágil que los dientes reales, puede ser protegida mejor contra colisiones en la boca con otros dientes o alimentos, etc. La distancia que se desplaza el diente preparado puede estar en el intervalo de milímetros, micrómetros, etc. La distancia puede ser una distancia vertical. Según la presente realización, el modelado virtual se realiza de manera similar al trabajo manual tradicional, dado que el diente preparado se desplaza en lugar de mover modelos para que se solapen.

40 En algunas realizaciones un diente preparado en el modelo 3D virtual es desplazado para disponerlo con una distancia desde su posición real respecto a sus dientes vecinos y/o su posición en la parte gingival antes de diseñar la restauración para el diente preparado. Es una ventaja porque cuando se diseña una restauración sobre el diente preparado desplazado, la restauración se puede diseñar para estar a nivel con los dientes vecinos, y cuando el diente preparado con restauración se dispone de nuevo en su posición real en el modelo 3D virtual, la restauración estará más baja o será más corta que los dientes vecinos, y la restauración real en el diente preparado real en la boca del paciente también estará más baja o será más corta por lo tanto que los dientes vecinos reales y por la presente la restauración, que puede ser más frágil que los dientes reales, puede ser protegida mejor contra colisiones en la boca con otros dientes o alimentos, etc. La distancia que se desplaza el diente preparado puede estar en el intervalo de milímetros, micrómetros, etc. La distancia puede ser una distancia vertical. Según la presente realización, el modelado virtual se realiza de manera similar al trabajo manual tradicional, dado que el diente preparado se desplaza en lugar de mover modelos para que se solapen.

45 Es una ventaja que la restauración se pueda diseñar para que tenga una distancia interoclusal, tal como una distancia interoclusal extendida en lugar de diseñarse para estar en contacto. La distancia interoclusal se define como la distancia entre las superficies oclusales de los dientes en la parte inferior y superior de la boca, y así en esta conexión la distancia interoclusal se puede definir como la distancia entre la restauración y los dientes antagonistas.

50 En algunas realizaciones se desplaza una parte gingival en una posición de un diente faltante en el modelo 3D virtual para disponerse con una distancia desde su posición real antes de diseñar una restauración de implante o un pónico en un puente para la posición del diente faltante. Es una ventaja que el implante, la corona de implante, el pónico, etc. sean menores que los dientes vecinos para proteger la restauración de implante, la restauración de pónico, etc. contra colisiones etc.

En algunas realizaciones se define uno o más criterios de contacto para oclusión y se usan en simulación de oclusión.

En algunas realizaciones el uno o más criterios de contacto comprenden:

- dientes específicos deben estar en contacto entre sí;
- un número máximo de dientes deben estar en contacto;
- 5 - un área máxima de las superficies de dientes deben estar en contacto;
- dientes específicos no deben estar en contacto;
- se debe obtener un número máximo de puntos de contacto;
- los puntos de contacto deben ser distribuidos espacialmente uniformemente sobre la superficie de los dientes;
- y/o
- 10 - los puntos de contacto entre dientes no deben descubrirse más de cierta distancia durante ciertos movimientos de oclusión dinámica.

Los criterios de contacto se pueden usar para estimar, corregir y/o mejorar el modelo de articulador virtual, p. ej., el modelo geométrico y/o fisiológico del articulador virtual.

- 15 Parámetros del modelo de articulador virtual pueden ser optimizados, ajustados, corregidos, definidos, determinados, etc. automáticamente simulando el movimiento de las mandíbulas en el articulador, y la simulación puede basarse en el modelo de articulador virtual.

Por ejemplo el operador a menudo puede querer optimizar la inclinación de cóndilo, dado que este es un parámetro importante para muchos casos.

- 20 Al mejorar la oclusión por medio de parámetros y criterios de contacto, se mejorará la calidad de la oclusión en relación a la oclusión reala fisiológica del paciente.

Por ejemplo si hay errores o fallos en los datos de la oclusión del paciente tomada del articulador mecánico, el arco facial etc., entonces la oclusión se puede corregir usando parámetros y criterios de contacto.

- 25 También se describe un sistema para usar un articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes, cuando se realiza diseño asistido por ordenador de una o más restauraciones dentales para un paciente, donde el sistema comprende:

- medios para proporcionar el articulador virtual que comprende un modelo tridimensional virtual de dientes que comprende la mandíbula superior, definido como la mandíbula superior virtual, y un modelo tridimensional virtual de dientes que comprende la mandíbula inferior, definido como la mandíbula inferior virtual, que se asemejan a la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, de la boca del paciente;
- 30 - medios para proporcionar movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí para simular oclusión dinámica, por lo que ocurren colisiones entre dientes en la mandíbula superior virtual e inferior virtual;

en donde el sistema comprende además:

- 35 - medios para proporcionar que los dientes de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se bloqueen para no penetrarse superficies virtuales entre sí en las colisiones.

También se describe un sistema para usar un articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes, cuando se realiza planificación de tratamiento ortodóntica asistido por ordenador para un paciente, donde el sistema comprende:

- medios para proporcionar el articulador virtual que comprende un modelo tridimensional virtual de dientes que comprende la mandíbula superior, definido como la mandíbula superior virtual, y un modelo tridimensional virtual de dientes que comprende la mandíbula inferior, definido como la mandíbula inferior virtual, que se asemejan a la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, de la boca del paciente;
- 40 - medios para proporcionar movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí para simular oclusión dinámica, por lo que ocurren colisiones entre dientes en la mandíbula superior virtual e inferior virtual;

- 45 en donde el sistema comprende además:

- medios para proporcionar que los dientes de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se bloqueen para no penetrarse superficies virtuales entre sí en las colisiones.

También se describe una restauración dental diseñada según el presente método.

También se describe un aparato ortodóntico para uso en planificación de tratamiento ortodóntico, donde el aparato se diseña según el presente método.

### **Breve descripción de los dibujos**

- 5 Los objetos, rasgos y ventajas anteriores y/o adicionales de la presente invención, serán esclarecidos aún más por la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitativa de realizaciones de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:
- La figura 1 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo del método.
- La figura 2 muestra ejemplos de articuladores virtuales.
- 10 La figura 3 muestra un ejemplo de movimientos de las mandíbulas para simular oclusión.
- La figura 4 muestra un ejemplo de modelado de un diente restaurado.
- La figura 5 muestra un ejemplo esquemático de movimiento a lo largo del eje oclusal.
- La figura 6 muestra un ejemplo de un modelo virtual de un conjunto de dientes.
- La figura 7 muestra un ejemplo de un plano oclusal virtual.
- 15 La figura 8 muestra un primer ejemplo de un plano oclusal virtual y un modelo virtual antes de ser ajustados respecto a posiciones de los otros.
- La figura 9 muestra un segundo ejemplo de un plano oclusal virtual y un modelo virtual mientras son ajustados respecto a posiciones de los otros.
- 20 La figura 10 muestra un ejemplo de un plano oclusal virtual y un modelo virtual después de ser ajustados respecto a posiciones de los otros.
- La figura 11 muestra un ejemplo de un articulador virtual.
- La figura 12 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo de una realización de la invención.
- La figura 13 muestra un ejemplo de un movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí.
- 25 La figura 14 muestra un ejemplo de desplazamiento de la posición de un diente preparado para diseñar la restauración.
- La figura 15 muestra un ejemplo de desplazamiento de la posición de una parte gingival para diseñar la restauración.
- La figura 16 muestra un ejemplo de un compás oclusal.
- La figura 17 muestra un ejemplo de reproducción de un registro del movimiento de mandíbulas.
- La figura 18 muestra un ejemplo de modelado de una restauración para compensar colisiones con los dientes opuestos.
- 30 La figura 19 muestra ejemplos de articuladores virtuales que se asemejan a articuladores físicos de diferentes fabricantes.
- La figura 20 muestra un ejemplo de un articulador virtual, que únicamente existe como articulador virtual.
- La figura 21 muestra ejemplos de los rastros de movimiento.
- 35 La figura 22 muestra un ejemplo de simulación virtual de planificación de tratamiento ortodóntico.
- La figura 23 muestra un ejemplo de simulación virtual de desplazamiento dental.
- La figura 24 muestra un ejemplo de un aparato ortodóntico para desplazar dientes.

### **Descripción detallada**

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

La figura 1 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo que muestra las etapas del método implementado por ordenador para usar un articulador virtual dinámico para simular oclusión de dientes, cuando se realiza diseño asistido por ordenador de una o más restauraciones dentales para un paciente.

5 En la etapa 101 se proporciona el articulador virtual que comprende un modelo tridimensional virtual de la mandíbula superior y un modelo tridimensional virtual de la mandíbula inferior que se asemejan a la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, de la boca del paciente. En la etapa 102 se proporciona movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí para simular oclusión dinámica, por lo que ocurren colisiones entre dientes en la mandíbula superior virtual e inferior virtual;

10 En la etapa 103 se proporciona que los dientes de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual se bloquean para no penetrarse superficies virtuales entre sí en las colisiones.

La figura 2 muestra ejemplos de articuladores virtuales. La figura 2a) muestra una mandíbula superior virtual 204 con dientes 206 y una mandíbula inferior virtual 205 con dientes 206. Se han restaurado seis dientes 207 en la mandíbula superior 204, y el articulador virtual 208 se usa para simular los movimientos de las mandíbulas 204, 205 para probar si los dientes restaurados 207 encajan en la boca de un paciente. El articulador virtual 208 se indica mediante dos ejes, un eje oclusal 209 y un eje laterotrusal-mediotrusal 210. Las mandíbulas 204, 205 se mueven arriba y abajo a lo largo del eje oclusal 209, y las mandíbulas 204, 205 realizan movimientos hacia delante-hacia los lados tanto a izquierda como a derecha a lo largo del eje laterotrusal-mediotrusal 210. Las mandíbulas 204, 205 también pueden realizar protrusión, que es movimiento directo hacia delante, y retrusión, que es movimiento directo hacia atrás. Los ejes para estos movimientos no se muestran en la figura. En la figura únicamente se muestra el movimiento a lo largo del eje oclusal 209, mientras que no hay movimiento a lo largo de los ejes laterotrusal-mediotrusal 210 o a lo largo de los ejes protrusional-retrusional (no se muestra). Esto también se ve en la ventana 211 arriba a la izquierda de la figura, donde el parámetro "oclusión" es 6.60 y el parámetro "laterotrusión" es 0.00, y el parámetro "pro-/retrusión" también es 0.00. Las diferentes direcciones de movimiento posibles pueden ser:

- protrusión;
- 25 - retrusión;
- laterotrusión a la derecha;
- laterotrusión a la izquierda;
- mediotrusión a la derecha;
- mediotrusión a la izquierda;
- 30 - latero-re-surtrusión a la derecha;
- latero-re-surtrusión a la izquierda.

La figura 2b) muestra otro articulador virtual 208 con oportunidades de configuración 209, 210 para controlar el movimiento de las mandíbulas 204, 205 a lo largo de un eje oclusal, un eje laterotrusal-mediotrusal, un eje protrusional-retrusional, etc. Los entrantes 240 indican dónde dispondrá el técnico dental un plano oclusal predeterminado en forma de banda de caucho.

La figura 3 muestra un ejemplo de movimientos de las mandíbulas para simular oclusión. Ambas mandíbulas 204, 205 comprenden dientes no modificados 206, y la mandíbula superior 204 también comprende dientes restaurados 207. Los movimientos se hacen para simular si los dientes restaurados 207 encajan en la boca. La figura 3a) muestra las mandíbulas 204, 205 en una primera posición, donde dientes 206 en las mandíbulas 204, 205 no han colisionado con los dientes restaurados 207. La figura 3b) muestra la mandíbula 204, 205 en una segunda posición, donde las mandíbulas 204, 205 se han acercado entre sí, pero todavía no hay colisión entre cualquiera de los dientes 206 o los dientes restaurados 207. La figura 3c) muestra las mandíbulas 204, 205 en una tercera posición, donde las mandíbulas 204, 205 se han acercado incluso más entre sí. La figura 3d) muestra las mandíbulas 204, 205 en la tercera posición con un círculo 212 en un punto 213, donde los dientes de las mandíbulas 204, 205 han colisionado. La colisión es entre un diente restaurado 207a en la mandíbula superior 204 y un diente 206a en la mandíbula inferior 205.

La figura 4 muestra un ejemplo de modelado de un diente restaurado.

La figura 4a) muestra la mandíbula superior 204, girada alrededor respecto a las figuras anteriores, con el diente restaurado 207a, otro diente restaurado 207 y un diente no modificado 206. El diente restaurado 207a ha colisionado con un diente en la mandíbula inferior, como se muestra en la figura 3d), y los puntos de colisión 214 se indican en el diente 207a. Las sombras de los puntos de colisión pueden indicar la profundidad de penetración o la presión con la que colisiona el diente 207a y el diente en la mandíbula inferior. Así las sombras de clara a oscura indican un mapeado de profundidad o mapeado de presión, donde sombra clara indica baja profundidad o presión ligera y sombra oscura indica gran profundidad o presión fuerte. Puede ser de modo que los dientes no son completamente rígido, sino que son un poco blandos, y por lo tanto los dientes puede ceder o deformarse un poco cuando colisionan entre sí. Así

puede ser de modo que los dientes virtuales no se definen para ser completamente rígidos, sino que son un poco blandos o resiliente, y los dientes virtuales por lo tanto pueden ceder o deformarse un poco cuando colisionan virtualmente entre sí.

La figura 4b) muestra lo mismo que la figura 4a) y también herramientas para modelar el diente restaurado 207a. Como el diente 207a ha colisionado con un diente en la mandíbula inferior, véase la figura 3d), el restaurado 207a) se puede modelar de manera que no colisionará con el diente en la mandíbula inferior. El diente 207a se puede modelar arrastrando o mutándolo al lado izquierdo o derecho indicado por las herramientas 215, y arrastrando el diente 207a arriba y abajo indicado por la herramienta 216. El diente 207a también se puede modelar arrastrando o mutando puntos en ella al lado izquierdo o derecho indicado por las herramientas 217, y arrastrando o mutándola al diente vecino indicado por la herramienta 218. Mientras se muta o arrastra el diente 207a, los puntos de colisión 214 cambiarán correspondiendo a estos cambios de forma del diente, y el diente 207a puede ser modelado entonces de manera que ya no haya colisión con los dientes de la mandíbula inferior, y los puntos de colisión 214 desaparecerán del diente 207a indicando que el diente 207a ha sido modelado para evitar colisiones con dientes opuestos.

La figura 5 muestra un ejemplo esquemático de movimiento a lo largo del eje oclusal. La figura muestra la mandíbula superior 204 con dientes 206 y la mandíbula inferior 205 con dientes 206. Algunos de estos dientes pueden ser dientes restaurados, y por lo tanto se puede probar la oclusión. El eje oclusal 209 se indica, y la mandíbula superior 204 se muestra fijada al eje oclusal. La mandíbula inferior 205 puede moverse respecto a la mandíbula superior 204 y por lo tanto la mandíbula inferior puede rotar alrededor del eje oclusal 209. Así el articulador virtual realiza prueba de colisión y evalúa la respuesta a lo largo del eje oclusal 209, es decir, para cualquier configuración dada de los otros grados de libertad, es decir, los otros ejes, véase la figura 2, y de ese modo se encuentra la primera posición en el eje oclusal para la que los dos modelos de mandíbula están en contacto. Esto reduce la dimensionalidad del problema de cálculo y permite el uso de estructuras de búsqueda más especializadas, que se dirigen a calcular el primer punto de intersección con un modelo 3D a lo largo de un camino circular dado 219 alrededor del eje de rotación estático 209 de oclusión. Así, para cada etapa de movimiento a lo largo de los otros ejes, es decir, para cada grado de libertad, se puede calcular cuándo y en qué puntos colisionarán los dientes 206 de las mandíbulas 204, 205 a lo largo del eje oclusal 209.

La figura 6 muestra un ejemplo de un modelo virtual de un conjunto de dientes. El modelo virtual 601 del conjunto de dientes de un paciente comprende un arco inferior virtual 602 y una mandíbula /arco superior virtual 603. Seis dientes delanteros 604 en el arco superior 603 están marcados de un color diferente al resto de los dientes 605 del conjunto de dientes. Estos seis dientes 604 pueden ser dientes que deben ser o haber sido restaurados. El modelo virtual 601 puede ser mostrado en una interfaz gráfica de usuario, en la que un operador, tal como un técnico dental o dentista, puede diseñar, simular y/o modelar por ejemplo restauraciones para un paciente.

La figura 7 muestra un ejemplo de un plano oclusal virtual. El plano oclusal 706 es visualiza como plano circular llano, pero se entiende que el plano oclusal puede tener cualquier forma, etc. El plano oclusal es un plano que a través de las superficies oclusal o de mordida de los dientes, y representa la media de la curvatura de la superficie oclusal. Así el plano oclusal puede ser plano u ondulado siguiendo las diferentes alturas de los diferentes dientes. Un contorno de un conjunto de dientes estándar 707 se muestra en el plano oclusal 706 para asistir al operador a hacer coincidir mejor la posición 3D de la superficie oclusal 706 con un modelo virtual. Un articulador virtual 708 se indica mediante dos ejes, un eje oclusal 709 y un eje laterotrusial-mediotrusial 710. Los arcos inferior y superior del modelo virtual se pueden mover arriba y abajo a lo largo del eje oclusal 709, y los arcos pueden realizar movimientos hacia delante-hacia los lados tanto a izquierda como a derecha a lo largo del eje laterotrusial-mediotrusial 710. Los arcos también pueden realizar protrusión, que es movimiento directo hacia delante, y retrusión, que es movimiento directo hacia atrás. Los ejes para estos movimientos no se muestran en la figura. Las diferentes direcciones de movimiento posibles pueden ser:

- protrusión;
- retrusión;
- laterotrusión a la derecha;
- laterotrusión a la izquierda;
- mediotrusión a la derecha;
- mediotrusión a la izquierda;
- latero-re-surtrusión a la derecha;
- latero-re-surtrusión a la izquierda.

La figura 8 muestra un primer ejemplo de un plano oclusal virtual y un modelo virtual antes de ser ajustados respecto a posiciones de los otros. El plano oclusal 806 con el conjunto de dientes estándar 807 y el modelo virtual del arco inferior 802 se muestran juntos. El plano oclusal 806 se muestra que está inclinado respecto al modelo virtual del arco

inferior 802, y el plano oclusal 806 y el modelo virtual del arco inferior 802 intersecan entre sí como se ve con la línea de intersección 811.

La figura 9 muestra un segundo ejemplo de un plano oclusal virtual y un modelo virtual mientras son ajustados respecto a posiciones de los otros. El plano oclusal 906 con el conjunto de dientes estándar 907 y el modelo virtual del arco inferior 902 se muestran juntos. El plano oclusal 906 y el modelo virtual del arco inferior 902 están casi alineados ya que sus inclinaciones son iguales o casi iguales, pero el plano oclusal 906 y el modelo virtual del arco inferior 902 todavía intersecan entre sí un poco como se ve con la línea de intersección 911 porque algunos de los dientes del arco inferior 902 están un poco más altos que la posición vertical del plano oclusal 906. El plano oclusal 906 y el arco inferior 902 no están alineados horizontalmente aún, porque el conjunto de dientes estándar 907 en el plano oclusal 906 no se solapa con los dientes del arco inferior 902.

La figura 10 muestra un ejemplo de un plano oclusal virtual y un modelo virtual después de ser ajustados respecto a posiciones de los otros. El plano oclusal 1006 con el conjunto de dientes estándar 1007 y el modelo virtual del arco inferior 1002 se muestran juntos. El plano oclusal 1006 y el modelo virtual del arco inferior 1002 están alineados ya que sus inclinaciones son iguales, y el plano oclusal 1006 y el modelo virtual del arco inferior 1002 todavía intersecan entre sí un poco como se ve con la línea de intersección 1011 porque algunos de los dientes del arco inferior 1002 están un poco más altos que la posición vertical del plano oclusal 1006. El plano oclusal 1006 y el arco inferior 1002 están alineados horizontalmente, porque el conjunto de dientes estándar 1007 en el plano oclusal 1006 se solapa con los dientes del arco inferior 1002. La alineación puede ser una alineación de 3 puntos, es decir, usando tres puntos para realizar la alineación.

La figura 11 muestra un ejemplo de un articulador virtual.

El articulador virtual 1108 es una versión virtual de un dispositivo mecánico físico usado en odontología al que se fijan moldeos de los dientes superiores e inferiores y reproduce posiciones registradas de los dientes inferiores en relación a los dientes superiores. Un articulador puede ser ajustable en una o más de las siguiente áreas: ángulo condilar, movimiento lateral de Bennett, guiamiento incisal y de cúspide, y forma de la fosa glenoidea y la eminencia. Un articulador puede reproducir movimientos inferiores normales al masticar. Un articulador se puede ajustar para acomodar los muchos movimientos y posiciones de los dientes inferiores en relación a los dientes superiores que se registran en la boca. Así el articulador virtual puede realizar todos los movimientos etc. como el articulador mecánico.

El articulador virtual 1108 comprende una base inferior 1109 sobre la que se adapta para disponerse el modelo virtual de los dientes inferiores o mandíbula inferior, una base superior 1110 sobre la que se adapta para disponerse el modelo virtual de los dientes superiores o mandíbula superior. Las diferentes articulaciones virtuales, deslizamientos o medios de establecimiento 1111 indican las articulaciones, deslizamientos y otros ajustes de un articulador mecánico donde los diferentes áreas mencionadas anteriormente se pueden ajustar a los rasgos de un paciente específico.

La figura 12 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo de una realización de la invención. En la etapa 1201 se inicia el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí. En la etapa 1202 se registran todas las colisiones durante el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí. En la etapa 1203 se acaba el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí. En la etapa 1204 se modela cada área de las restauraciones donde se registró un punto de colisión.

La figura 13 muestra un ejemplo de un movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí.

La figura 13a) muestra la primera posición de un movimiento entre la mandíbula superior 1304 y la mandíbula inferior 1305. Ambas mandíbula inferior y mandíbula superior comprenden dientes 1306, y la mandíbula superior comprende varias restauraciones 1307. La figura 13b) muestra una posición durante el movimiento de las mandíbulas. La mandíbula superior 1304 es movida respecto a la mandíbula inferior 1305, y la restauración 1307 colisiona con un diente 1306 como se ve mediante el punto de colisión 1314 que comprende un área de contacto. La figura 13c) muestra la posición extrema del movimiento de las mandíbulas, y todos los puntos de colisión están marcados en los dientes y restauraciones. La restauración 1307 puede ser modelada ahora retirando o remodelando virtualmente material de la restauración, por lo que la colisión en el punto 1314 no sucederá de nuevo cuando las mandíbulas se muevan relativamente entre sí, tanto virtualmente como en la boca del paciente.

La figura 14 muestra un ejemplo de desplazamiento de la posición de un diente preparado para diseñar la restauración.

La figura 14a) muestra un ejemplo de una representación 3D de un conjunto de dientes 1400, donde un diente 1401 ha sido preparado para una restauración, tal como un corona. También se muestran dos dientes vecinos 1402. Se indican las raíces de diente 1403. Las raíces de diente 1403 pueden ser derivadas de un escaneo por TC o pueden ser extrapoladas basándose en un escaneo 3D normal. Mostrar las raíces de diente 1403 en la representación 3D es opcional, dado que diseñar una restauración no requiere ver la raíz de diente, pero puede ayudar al operador a diseñar la restauración. También se ve la parte gingival 1404.

La figura 14b) muestra que la preparación 1401 está desplazada verticalmente de su posición en la parte gingival 1404 y de los dientes vecinos para reducir la distancia a la antagonista cuando se diseña la restauración.

5 La figura 14c) muestra que se diseña una restauración 1405, aquí en forma de corona, en la preparación, cuando la preparación se desplaza de la parte gingival 1404 y los dientes vecinos. Así la restauración se diseña en una oclusión diferente a la oclusión normal de los dientes. El borde superior de la restauración 1405 se muestra sustancialmente a ras o a nivel con los dos dientes vecinos 1402 cuando se están diseñando.

10 La figura 14d) muestra la situación cuando la preparación 1401 con la restauración 1405 está posicionada en su posición real de nuevo tras diseñar la restauración 1405. Como la restauración 1405 fue diseñada para estar a nivel con los dientes vecinos 1402 cuando estaba desplazada, la restauración 1405 es más corta que los dientes vecinos 1402, cuando se posiciona en su posición original de nuevo. Así en la boca del paciente, la restauración será más corta que los dientes vecinos, y la restauración, que puede ser más frágil que los dientes reales, por lo tanto se protege mejor.

La figura 15 muestra un ejemplo de desplazamiento de la posición de una parte gingival para diseñar la restauración.

15 La figura 15a) muestra un ejemplo de una representación 3D de un conjunto de dientes 1500 con un diente faltante en un región de la parte gingival 1506. El diente faltante puede haberse roto, muerto, extraído debido a una enfermedad, etc. Se debe hacer una restauración para sustituir el diente faltante en la región 1506. También se muestran dos dientes vecinos 1502. Se indican las raíces de diente 1503. Las raíces de diente 1503 pueden ser derivadas de un escaneo por TC o pueden ser extrapoladas basándose en un escaneo 3D normal. Mostrar las raíces de diente 1503 en la representación 3D es opcional, dado que diseñar una restauración no requiere ver la raíz de diente, pero puede ayudar al operador a diseñar la restauración. También se ve la parte gingival 1504.

La restauración hecha para sustituir el diente faltante puede ser un puente. El puente puede comprender un pónico en el lugar del diente faltante y dos coronas en los dientes vecinos 1502.

La figura 15b) muestra que los dos dientes vecinos han sido preparados y ahora son dientes preparados 1501. La región de la parte gingival 1506 del diente faltante es desplazada desde su posición original en la parte gingival.

25 La figura 15c) muestra que se diseña una restauración, aquí en forma de puente. Se dispone un pónico 1507 en el lugar del diente faltante, y se han coronas diseñadas 1505 en las dos preparaciones 1501. El pónico se conecta a las coronas. El pónico 1507 se diseña cuando la región de la parte gingival 1506 es desplazada de su posición original. El borde superior del pónico 1507 está sustancialmente a ras o a nivel con las coronas diseñadas 1505 en los dos dientes vecinos preparados 1501.

30 La figura 15d) muestra la situación cuando el pónico 1507 y la región de la parte gingival 1506 están posicionados en su posición real de nuevo tras diseñar el pónico 1507. Como el pónico 1507 fue diseñado para estar a nivel con las coronas 1505 de los dientes vecinos, cuando estaba desplazada, el pónico 1507 es más corto que las coronas 1505 de los dientes vecinos, cuando el pónico 1507 se posiciona en su posición original de nuevo. Así en la boca del paciente, el pónico será más corto que las coronas de los dientes vecinos, y el pónico, que puede ser más frágil que las coronas de los dientes vecinos, por lo tanto se protege mejor.

La figura 16 muestra un ejemplo de un compás oclusal. El compás oclusal indica movimientos durante oclusión dinámica en las siguientes direcciones:

- protrusión;
- retrusión;
- 40 - laterotrusión a la derecha;
- laterotrusión a la izquierda;
- mediotrusión a la derecha;
- mediotrusión a la izquierda;
- latero-re-surtrusión a la derecha;
- 45 - latero-re-surtrusión a la izquierda.

El compás oclusal indica el contacto o la colisión en diferentes direcciones de movimiento con diferente colores. Los colores pueden ser según el esquema de coloración internacional. El compás oclusal usado en la simulación virtual es una única herramienta digital.

La figura 17 muestra un ejemplo de reproducción de un registro del movimiento de mandíbulas. El movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí ha sido registrado, y antes y/o después de modelar una restauración, el registro se puede reproducir para probar el modelado. También se puede reproducir una secuencia de movimiento predefinido.

- 5 La figura 18 muestra un ejemplo de modelado de una restauración para compensar colisiones con los dientes opuestos. Durante el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual relativamente entre sí las colisiones, marcadas en la restauración, se registra oclusión entre dientes, y tras acabarse el movimiento, se realiza modelado de los puntos de colisión de la restauración.

- 10 La figura 19 muestra ejemplos de articuladores virtuales que se asemejan a articuladores físicos de diferentes fabricantes. La figura 19a) muestra un articulador de KaVo. La figura 19b) muestra un articulador de SAM. La figura 19c) muestra un articulador de Denar. La figura 19d) muestra el articulador de Denar con el plano oclusal dispuesto respecto al modelo de dientes virtuales.

- 15 La figura 20 muestra un ejemplo de un articulador virtual, que únicamente existe como articulador virtual. La figura 20a) muestra un articulador virtual 3Shape. El articulador no existe como articulador físico. La figura 20b) muestra el articulador virtual 3Shape con el plano oclusal dispuesto respecto al modelo de dientes virtuales.

- 20 La figura 21 muestra ejemplos de los rastros de movimiento. La figura 21a) muestra un ejemplo de un primer punto de colisión 2114 entre un diente no modificado 2106 y otro diente o restauración no modificados 2107 en el momento t1. La figura 21b) muestra un ejemplo de un subsiguiente punto de colisión 2114 entre el diente no modificado 2106 y el otro diente o restauración no modificados 2107 en el momento t2. La figura 21c) muestra un ejemplo de otro subsiguiente punto de colisión 2114 entre el diente no modificado 2106 y el otro diente o restauración no modificados 2107 en el momento t3. La figura 21d) muestra el rastro del movimiento para el otro diente o restauración no modificados 2107 y el diente 2106 en los tres casos de tiempo, t1, t2, t3. El rastro del movimiento entre el diente 2106 y el otro diente o restauración no modificados 2107 se indica con las flechas 2120. La superficie de puntos de colisión 2114 puede ser denotada el movimiento de rastro, la superficie de rastro de movimiento, etc. Así cuando se simulan relativamente entre sí dientes no modificados, sus rastros de movimiento o sus superficies no pueden penetrarse entre sí. Lo mismo puede ser el caso para una restauración respecto a un diente no modificado. Sin embargo, como alternativa puede ser el caso que cuando una restauración y un diente no modificado se simulan relativamente entre sí, la superficie de movimiento de la restauración puede penetrar el diente no modificado.

- 30 Así el término superficie de colisión o rastro de los puntos de colisiones o superficie de puntos de colisión se usa tanto para describir cuándo se simula que dientes no modificados se mueven respecto a dónde colisionan los dientes y no penetran entre sí como para describir cuándo se simula una restauración respecto a dientes no modificados dónde la restauración puede penetrar los dientes no modificados, es decir, la restauración y los no modificados pueden penetrarse entre sí. Las colisiones o superficies de colisión simuladas entre dientes no modificados pueden determinar el movimiento que se puede realizar entre los modelos de dientes superiores e inferiores. Este movimiento determinado puede ser usado y estudiado entonces cuando se diseña la restauración.

- 35 La figura 21 e) muestra el rastro 2120 de un movimiento para una restauración 2107 y un diente 2106 en los cuatro casos de tiempo, t1, t2, t3, t4. El movimiento se muestra en los tres casos de tiempo t1, t2, t3, t4 y el caso de tiempo que se encuentra entre, antes y después. En la figura 21 e) se muestra la restauración 2107 y el diente 2106 penetrando entre sí en el movimiento. La superficie de colisión o puntos de penetración pueden ser denotados movimiento de rastro 2120. El diente 2106 se muestra moviéndose respecto a la restauración 2107, sin embargo puede ser a la inversa, es decir, que la restauración 2107 se mueve respecto al diente 2107.

- 40 La figura 22 muestra un ejemplo de simulación virtual de planificación de tratamiento ortodóntico. La figura 22a) muestra un modelo ortodóntico virtual de dientes con un modelo superior 2204 y un modelo inferior 2205 en un articulador virtual 2208 para simular la oclusión. La simulación de oclusión en el articulador virtual puede detectar y estudiar maloclusión, y asistir y/o determinar una planificación de tratamiento ortodóntico. Un tratamiento ortodóntico también se puede realizar por razones cosméticas puras, si los dientes del paciente se disponen estéticamente. La figura 22b) muestra una ampliación en los dientes en los modelos virtuales 2204, 2205, donde se registran áreas de contacto o puntos de colisión 2214 durante simulación de la oclusión. Las áreas de contacto o puntos de colisión detectados 2214 se pueden usar para determinar la planificación de tratamiento a realizar.

- 45 La figura 23 muestra un ejemplo de simulación virtual de desplazamiento dental. La figura 23a) muestra un modelo virtual de dientes superiores 2304 de dientes del paciente antes de tratamiento ortodóntico, donde los dientes 2307 no están dispuestos estéticamente. Las áreas de contacto o punto de colisión 2314 detectados o registrados en una simulación de articulador virtual se muestran en los dientes. La figura 23b) muestra un ejemplo del modelo virtual de dientes superiores 2304 con un resultado final sugerido que se puede obtener tras desplazamiento de los dientes 2307. Sobre la base de la imagen de la figura 23b) un paciente puede decidir si desea que se realice el desplazamiento dental para obtener el conjunto estético de dientes delanteros.



La figura 24 muestra un ejemplo de un aparato ortodóntico para desplazar dientes. La figura 24a) muestra un modelo superior virtual 2404 y un modelo inferior virtual 2405, donde se muestra un aparato ortodóntico virtual 2430 en forma de férula dispuesto en los dientes en el modelo superior 2404. El aparato físico puede ser llevado por un paciente sobre sus dientes para tratar disfunción mandibular temporal. El aparato 2430 puede ser diseñado virtualmente usando un articulador virtual, p. ej., como se muestra en la figura 22a). La figura 24b) muestra una vista superior del aparato 2430 en el modelo de dientes virtuales 2404. La figura 24c) muestra una vista lateral en perspectiva del aparato 2430 en el modelo de dientes virtuales 2404. La figura 24d) muestra una vista inferior del aparato 2430.

El diseño de aparato en las figuras 24 es cortesía y ha sido proporcionado amablemente por Tridentestense Ortodonzia S.r.l, Italia.

- 10 Aunque se han descrito y mostrado en detalle algunas realizaciones, la invención no está restringida a ellas, pero también se puede plasmar de otras maneras dentro del alcance del tema de asunto definido en las siguientes reivindicaciones.

- 15 En reivindicaciones de dispositivo que enumeran varios medios, varios de estos medios se pueden plasmar mediante uno y el mismo artículo de hardware. El mero hecho de que ciertas medidas se relatan en reivindicaciones mutuamente diferentes dependientes o descritas en diferentes realizaciones no indica que una combinación de estas medidas no se pueda usar con ventaja.

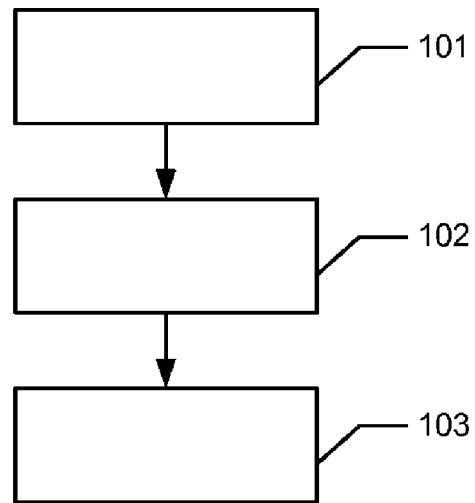
Cabe destacar que el término "comprende/comprendiendo", cuando se usa en esta memoria descriptiva, es para especificar la presencia de características indicadas, números enteros, etapas o componentes, pero no se opone a la presencia o adición de una o más características, enteros, etapas, componentes o grupos de los mismos.

- 20 Cuando una reivindicación se refiere a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, se entiende que esto significa una cualquiera o más de las reivindicaciones anteriores.

- 25 Los rasgos del método descrito anteriormente y a continuación pueden ser implementados en software y realizado en un sistema de procesamiento de datos u otros medios de procesamiento provocados por la ejecución de instrucciones ejecutables por ordenador. Las instrucciones pueden ser medios de código de programa cargado en una memoria, tal como una RAM, desde un medio de almacenamiento o desde otro ordenador por medio de una red de ordenadores. Como alternativa, los rasgos descritos pueden ser implementados por circuitería cableada en lugar de software o en combinación con software.

# REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para usar un articulador virtual dinámico (208, 708, 1108, 2208), para simular oclusión de dientes (206, 707), cuando se realiza diseño asistido por ordenador de una o más restauraciones dentales (1307) o planificación de tratamiento ortodóntico para un paciente, donde el método comprende las etapas de:  
5 proporcionar el articulador virtual (208, 708, 1108, 2208) que comprende un modelo tridimensional virtual de la mandíbula superior (204, 1304) y un modelo tridimensional virtual de la mandíbula inferior (205, 1305) que se asemejan a la mandíbula superior y la mandíbula inferior, respectivamente, de la boca del paciente;  
proporcionar movimiento de la mandíbula superior virtual (204, 1304) y la mandíbula inferior virtual (205, 1305) relativamente entre sí para simular oclusión dinámica, por lo que ocurren colisiones entre dientes en la mandíbula superior virtual e inferior virtual;  
10 modelar automáticamente todos los puntos de colisión de las una o más restauraciones dentales concurrentemente con el movimiento de la mandíbula superior virtual y la mandíbula inferior virtual, de modo que tal mandíbula realiza un movimiento que cubre completamente un plano de la otra mandíbula, y en donde el método además comprende:  
15 proporcionar que los dientes (206, 1306) de la mandíbula superior virtual (204, 1304) y la mandíbula inferior virtual (205, 1305) se bloqueen para penetrar superficies virtuales entre sí en las colisiones.  
2. Un método según la reivindicación 1, en donde los medios para proporcionar el movimiento comprenden escanear los movimientos de la mandíbula del paciente en 3D usando un escáner facial.  
20 3. Un método según la reivindicación 2, en donde los movimientos de las mandíbulas del paciente son escaneados cuando el paciente realiza oclusión dinámica.  
4. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el método comprende además alinear la mandíbula superior virtual (204, 1304) y la mandíbula inferior virtual (205, 1305) para corresponder a la alineación anatómica de las mandíbulas en la boca del paciente.  
25 5. Un método según la reivindicación 4, en donde la alineación anatómica de las mandíbulas se determina realizando una medición de la geometría facial del paciente.  
6. Un método según la reivindicación 5, en donde la geometría facial del paciente se determina realizando un escaneo facial del paciente.  
7. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el escaneo facial es una representación tridimensional de la cara del paciente.  
30 8. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde se realiza una planificación de tratamiento ortodóntico ayudada por ordenador y donde el sistema comprende un método que comprende modelar aparatos ortodónticos en donde los aparatos ortodónticos se realizan de una manera iterativa, mediante lo cual para cada cambio en los aparatos, se simula la oclusión.  
35 9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde el modelado automático de puntos de colisión de restauraciones se realiza simultáneamente.  
10. Un método según la reivindicación 9, en donde se elimina una parte de las restauraciones cuyos puntos de contacto se detectan.  
11. Un producto de programa informático que comprende medios de código de programa para hacer que un sistema de procesamiento de datos realice el método de una cualquiera o más de las reivindicaciones anteriores, cuando dichos medios de código de programa se ejecutan en el sistema de procesamiento de datos.  
40 12. Un medio legible por ordenador que tiene almacenado en él, el producto de programa informático de la reivindicación 11.



*Fig. 1*

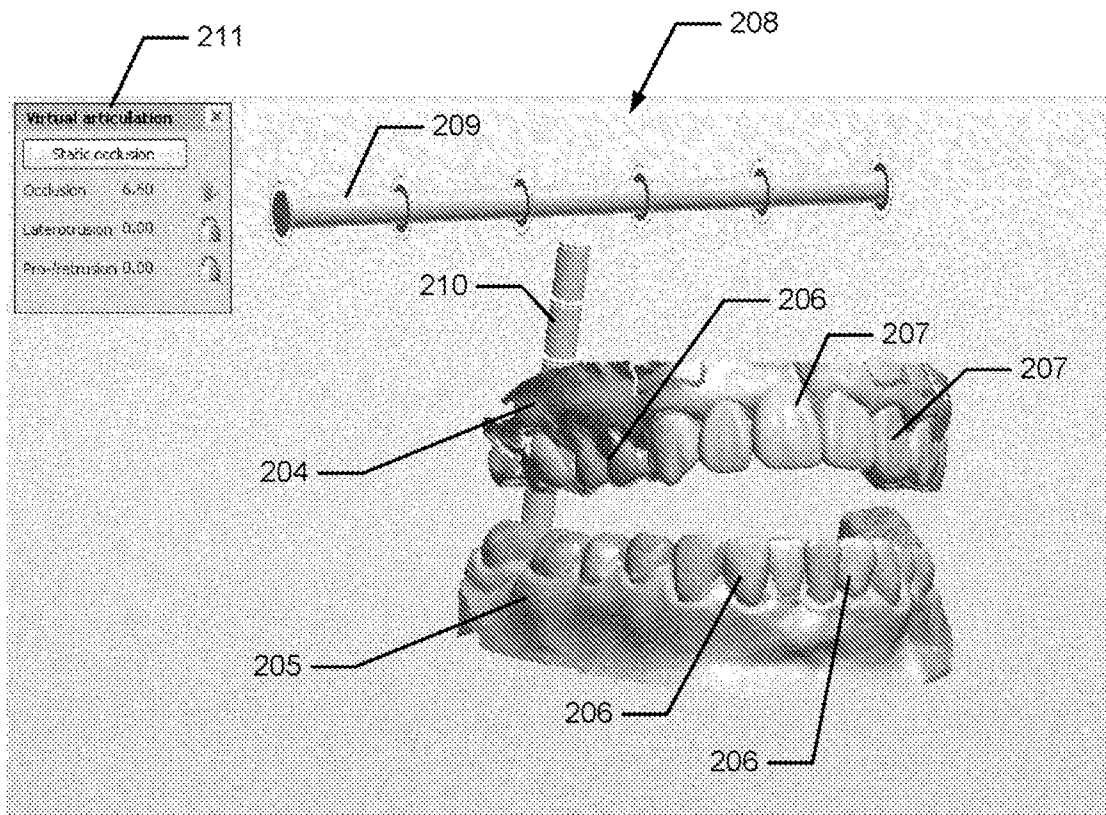


Fig. 2a)

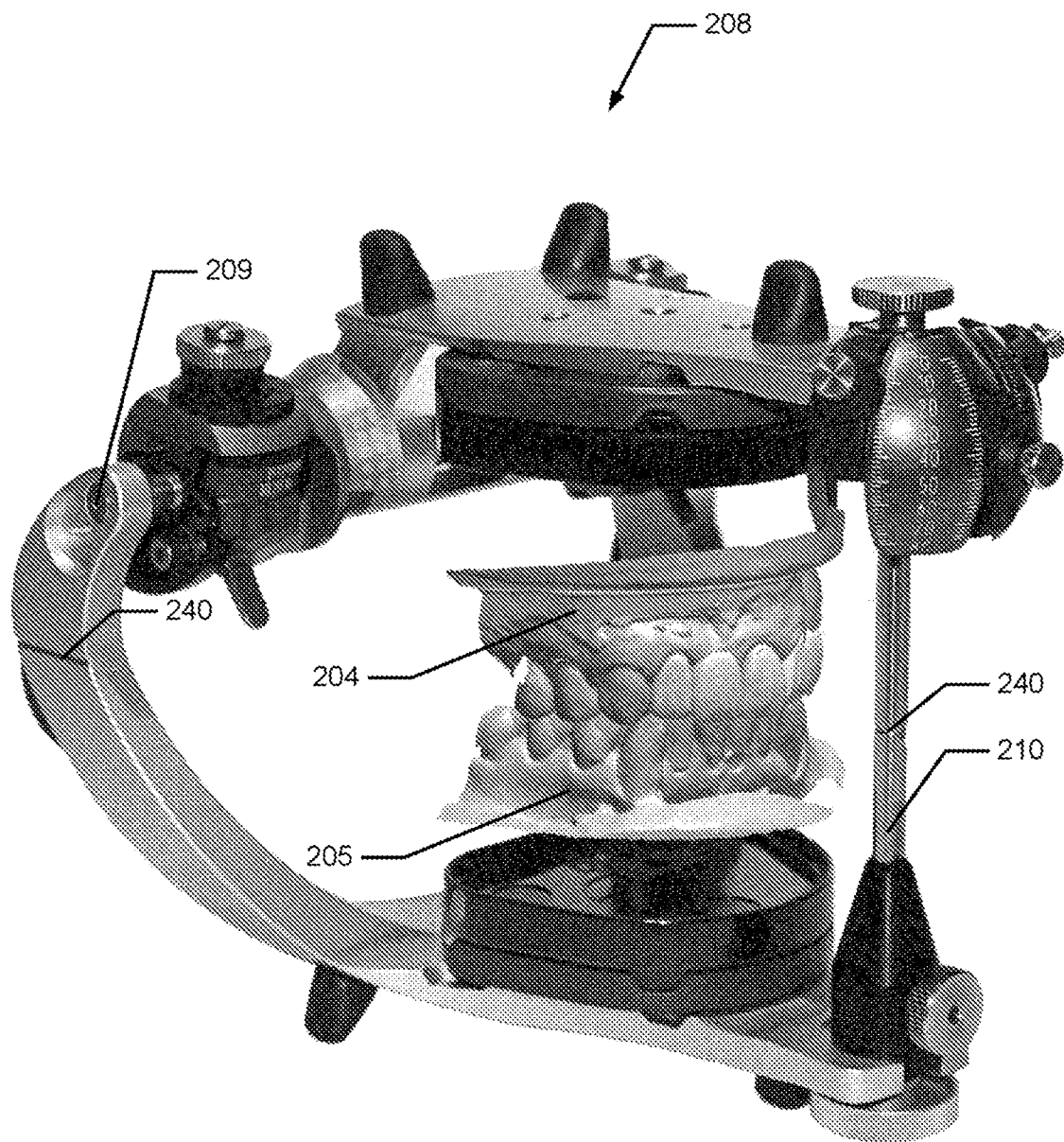


Fig. 2b)

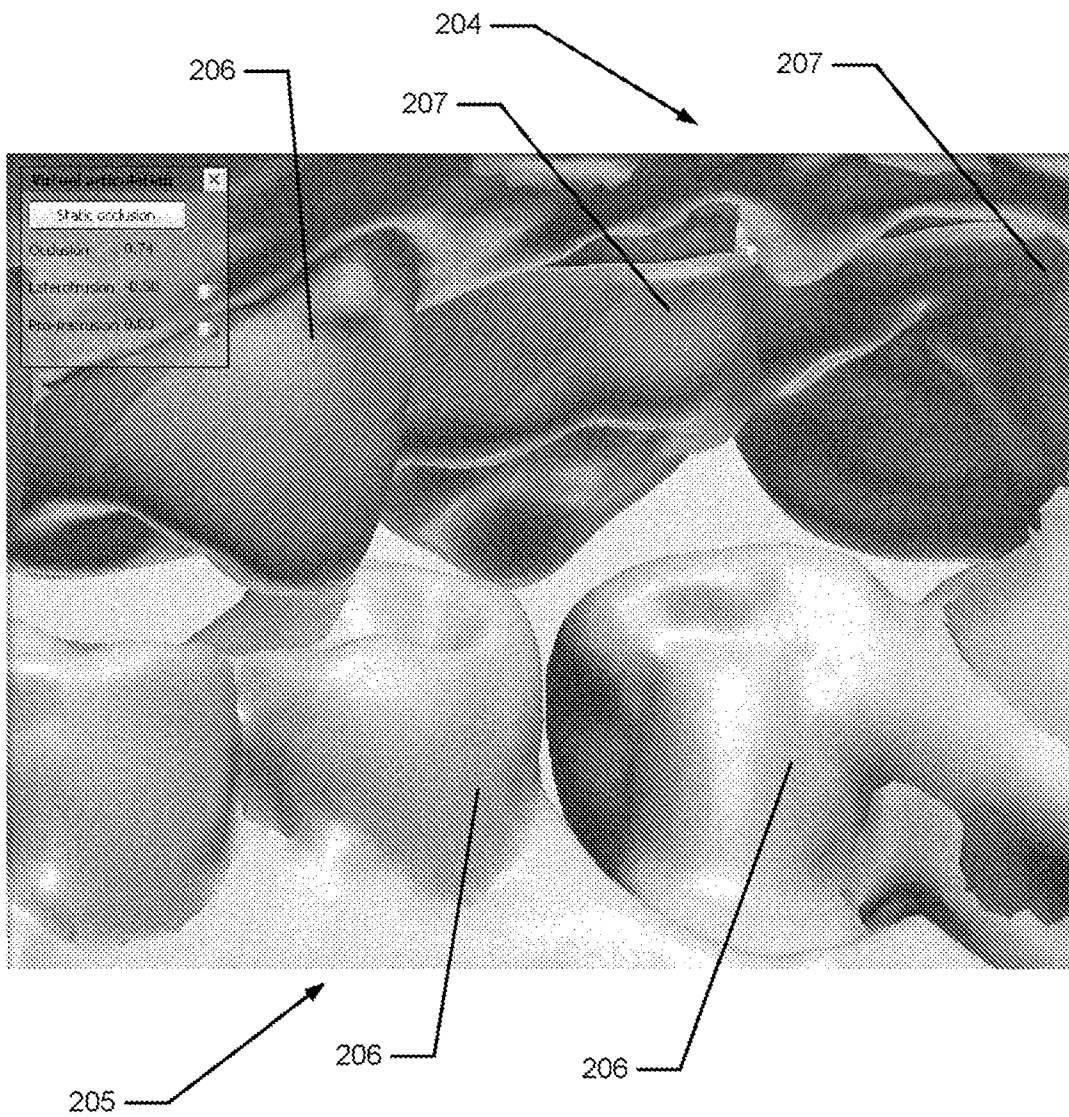


Fig. 3a)

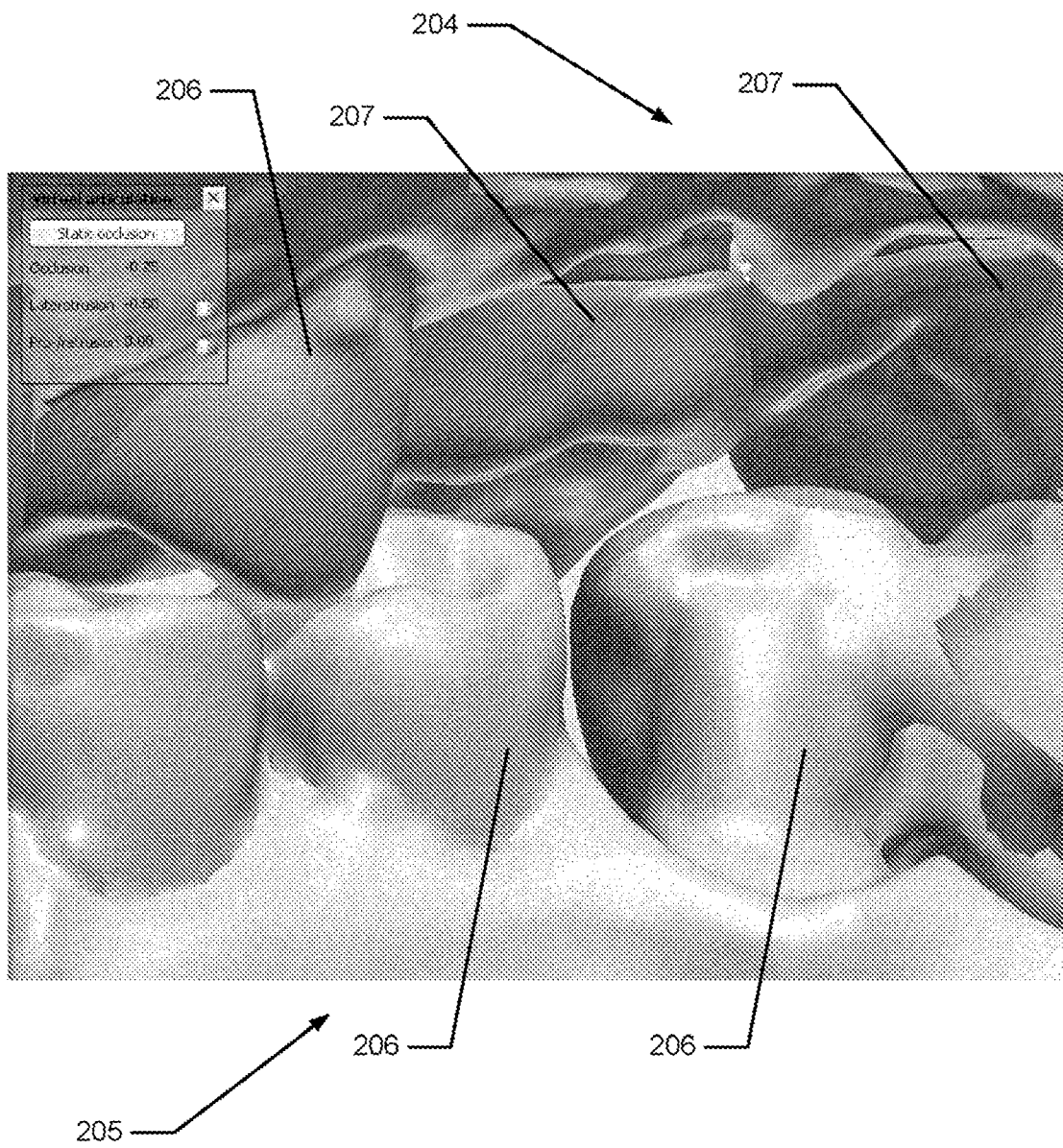


Fig. 3b)

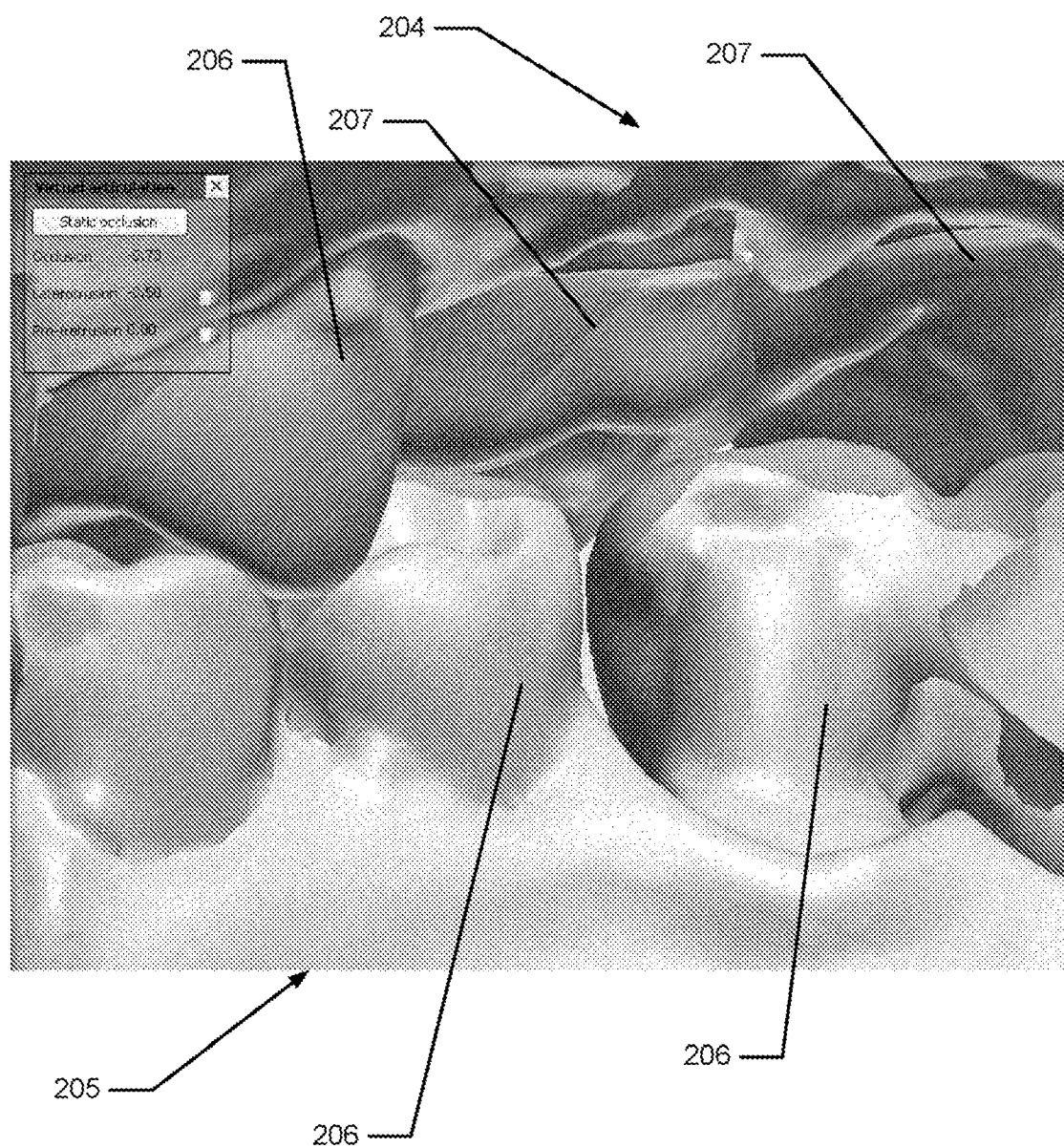


Fig. 3c)



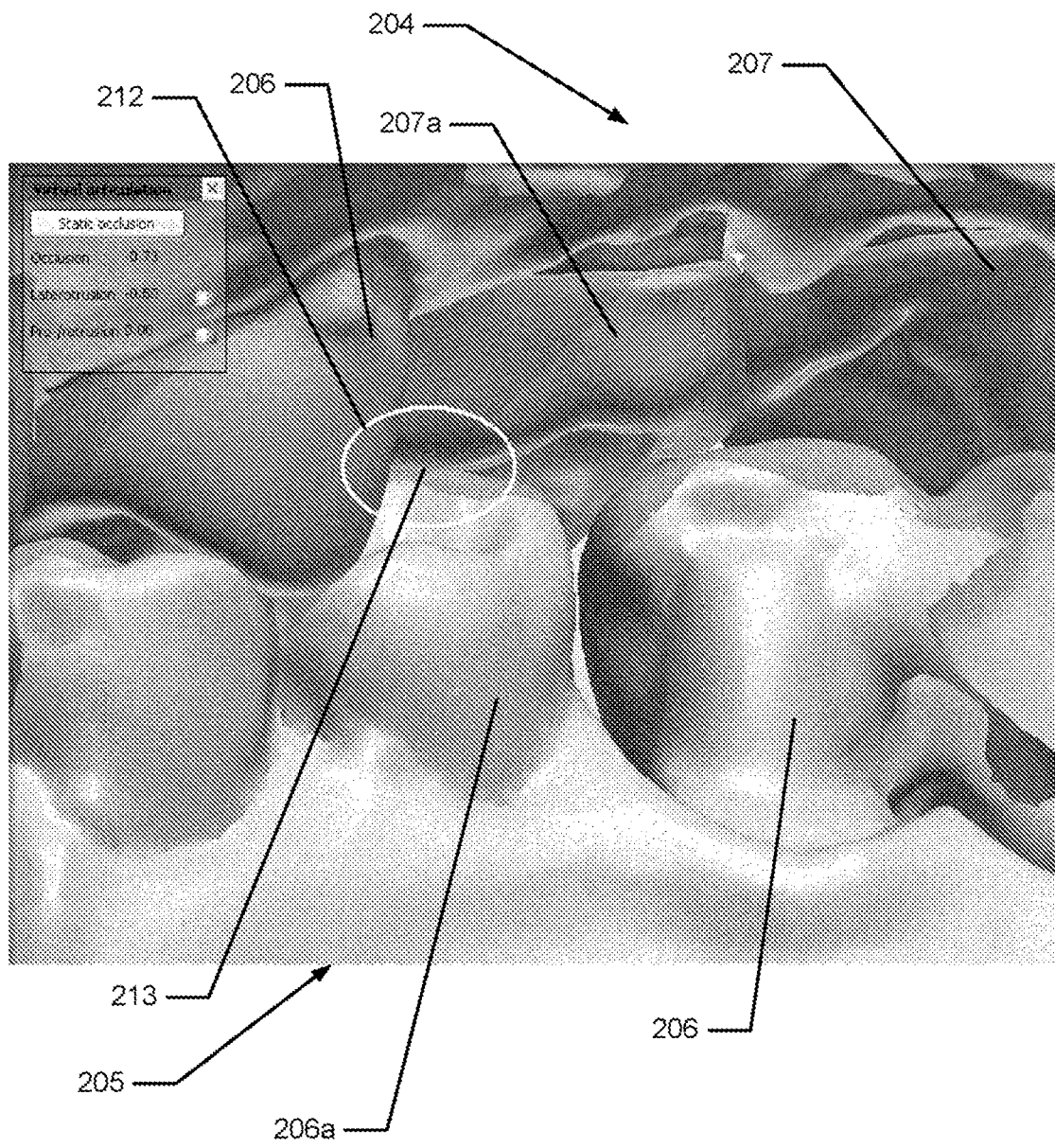


Fig. 3d)

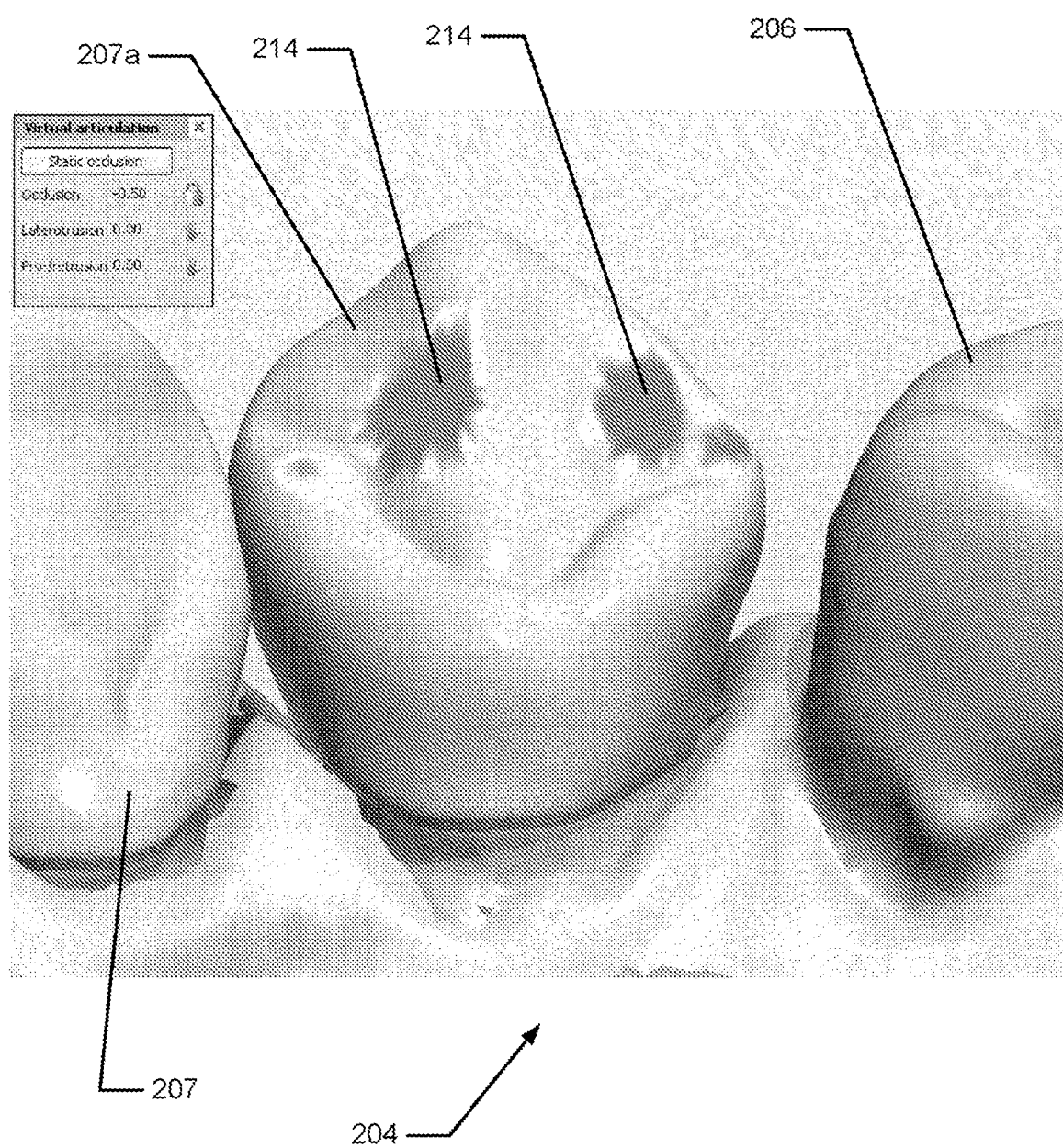


Fig. 4a)

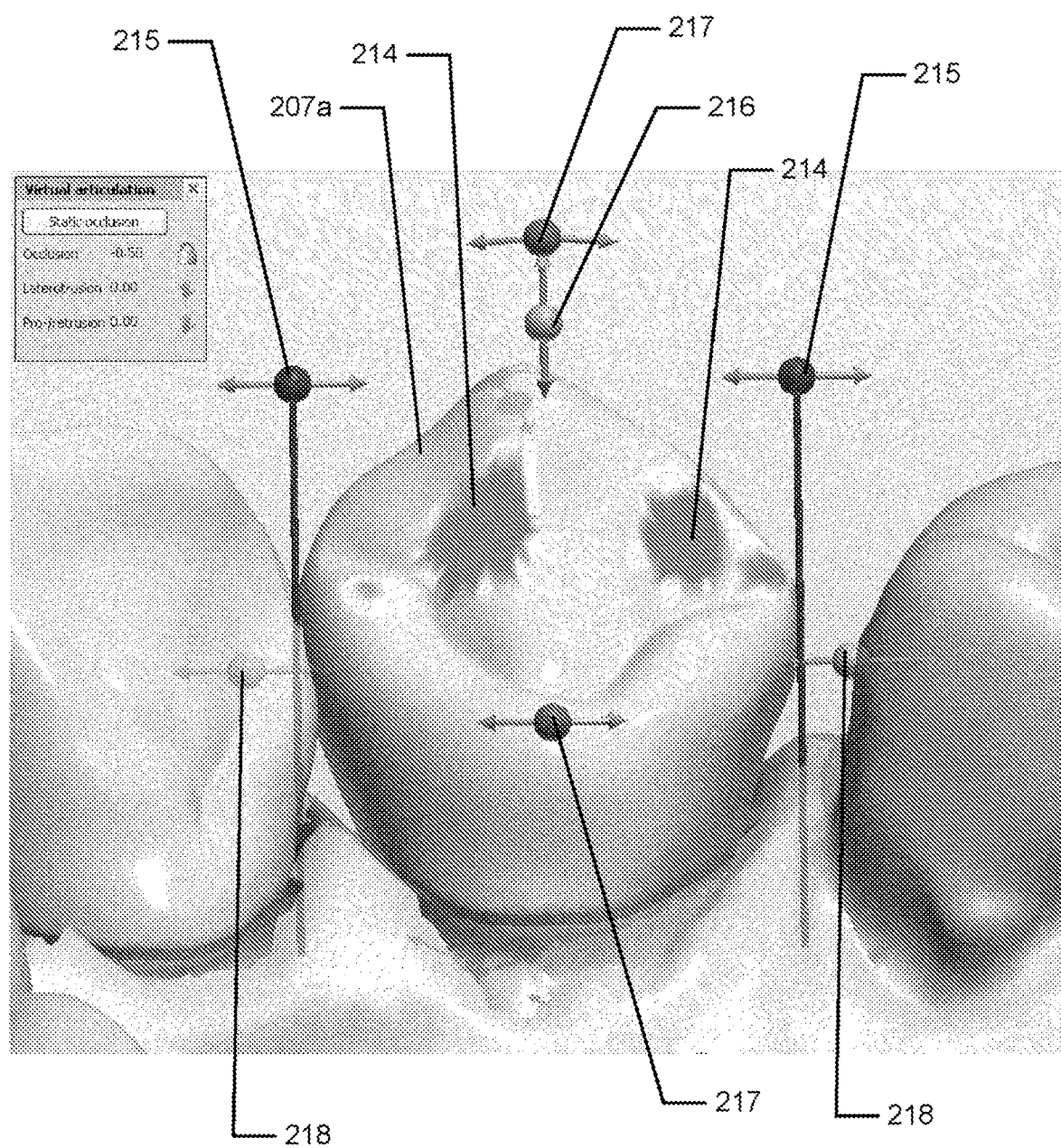


Fig. 4b)

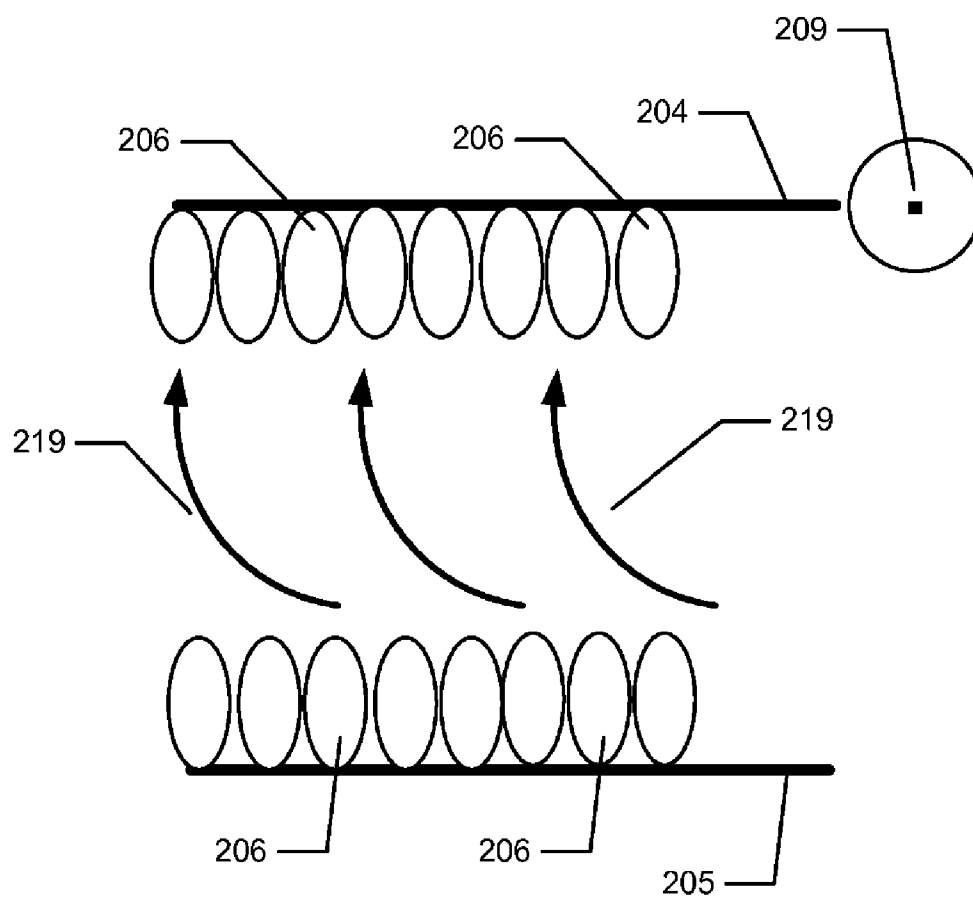
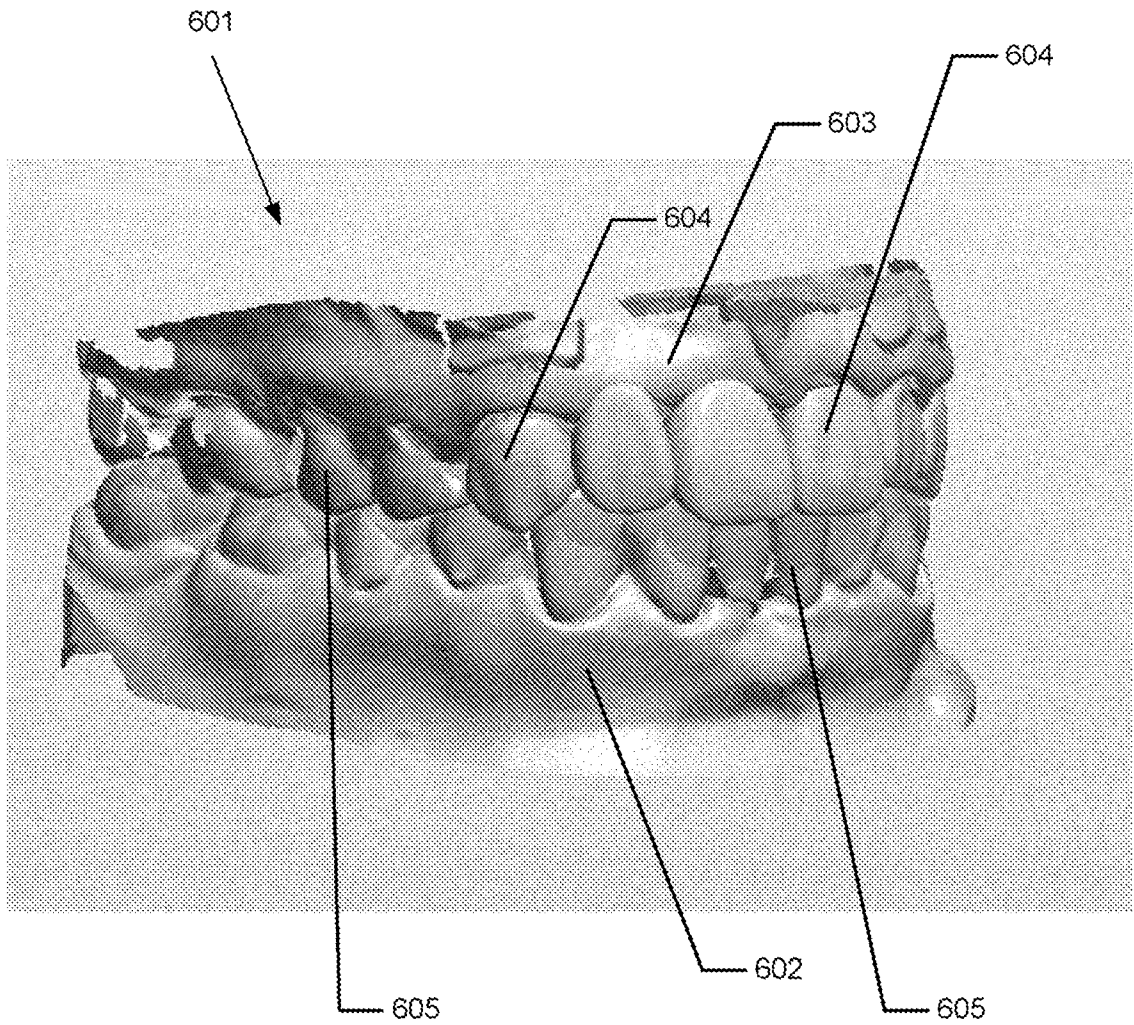


Fig. 5



*Fig. 6*

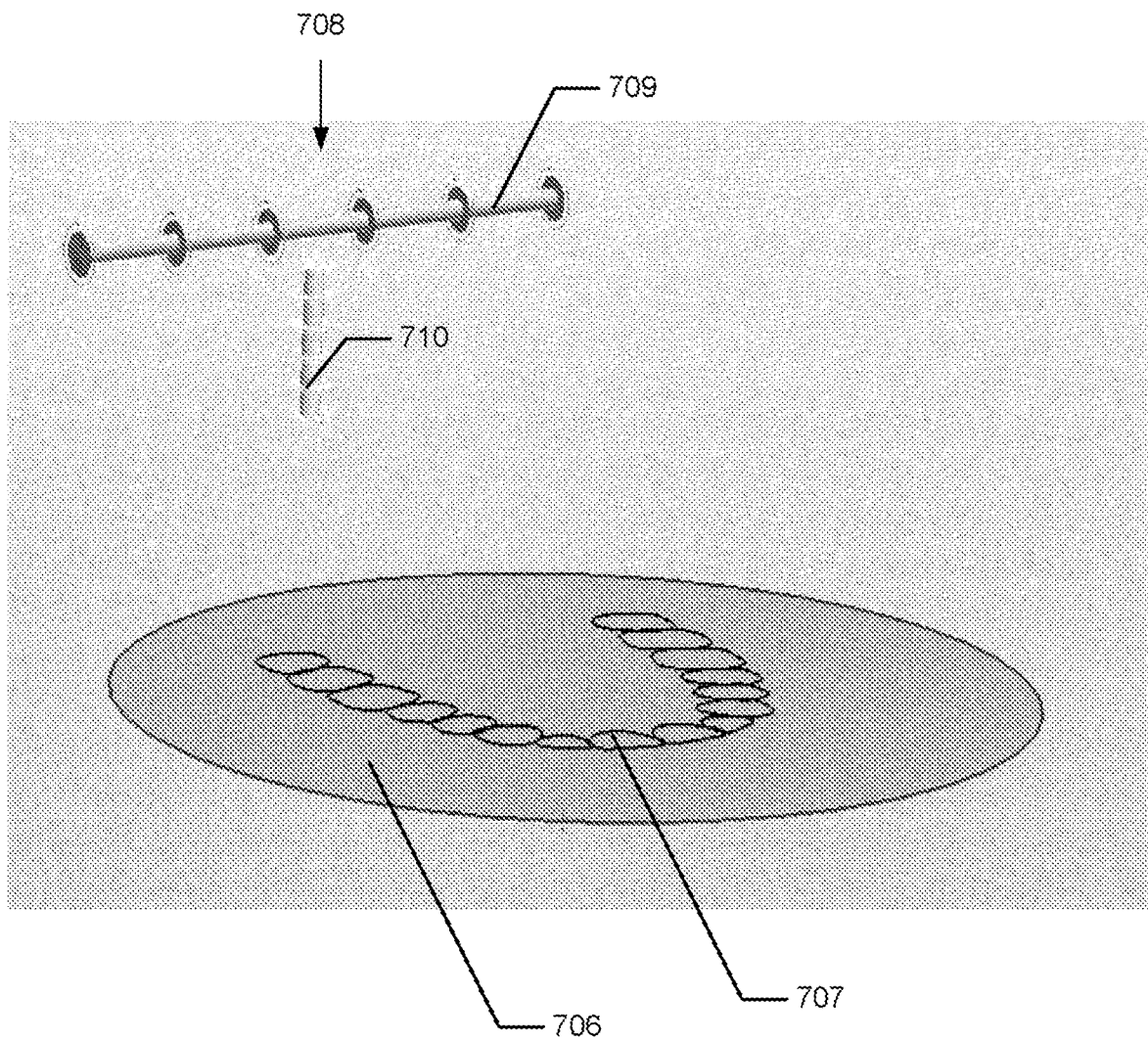
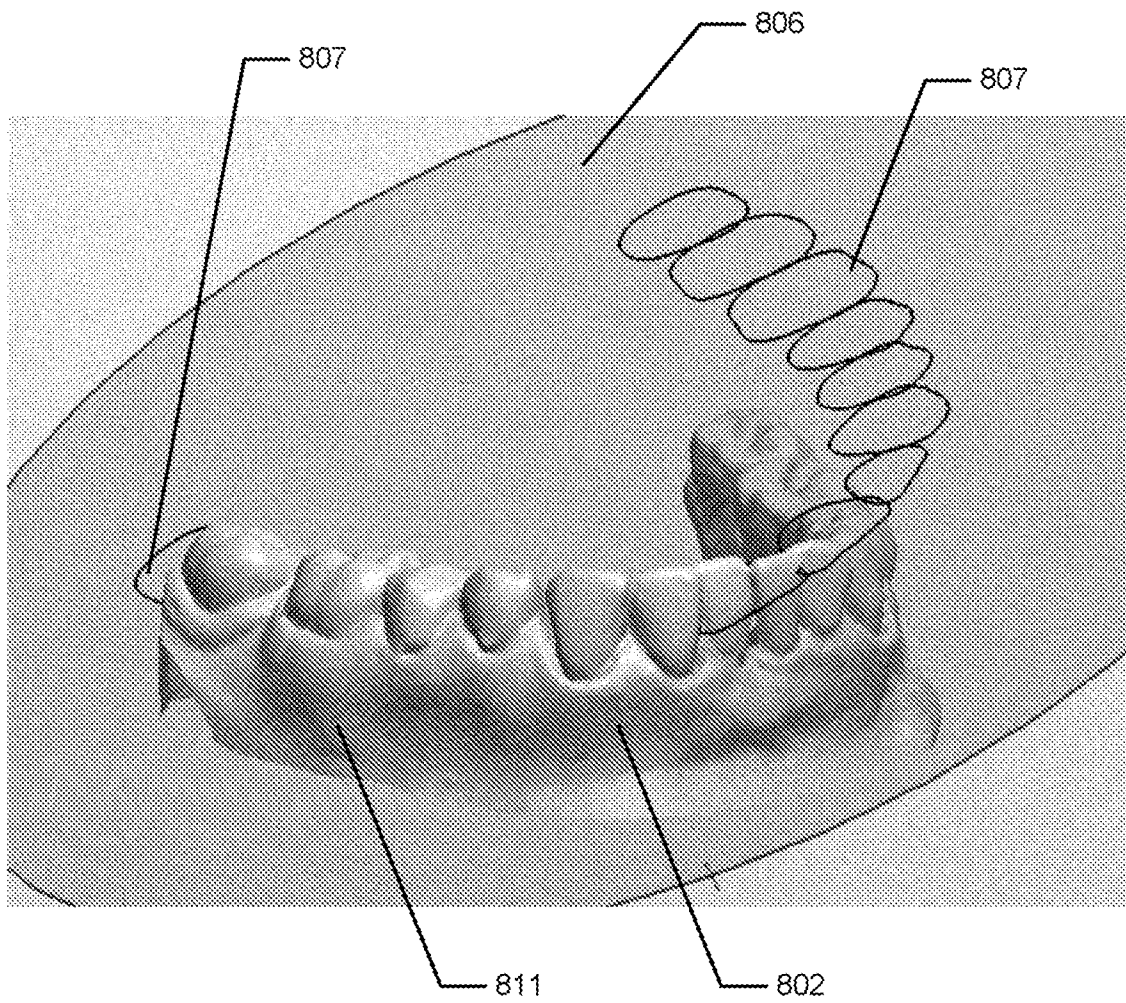
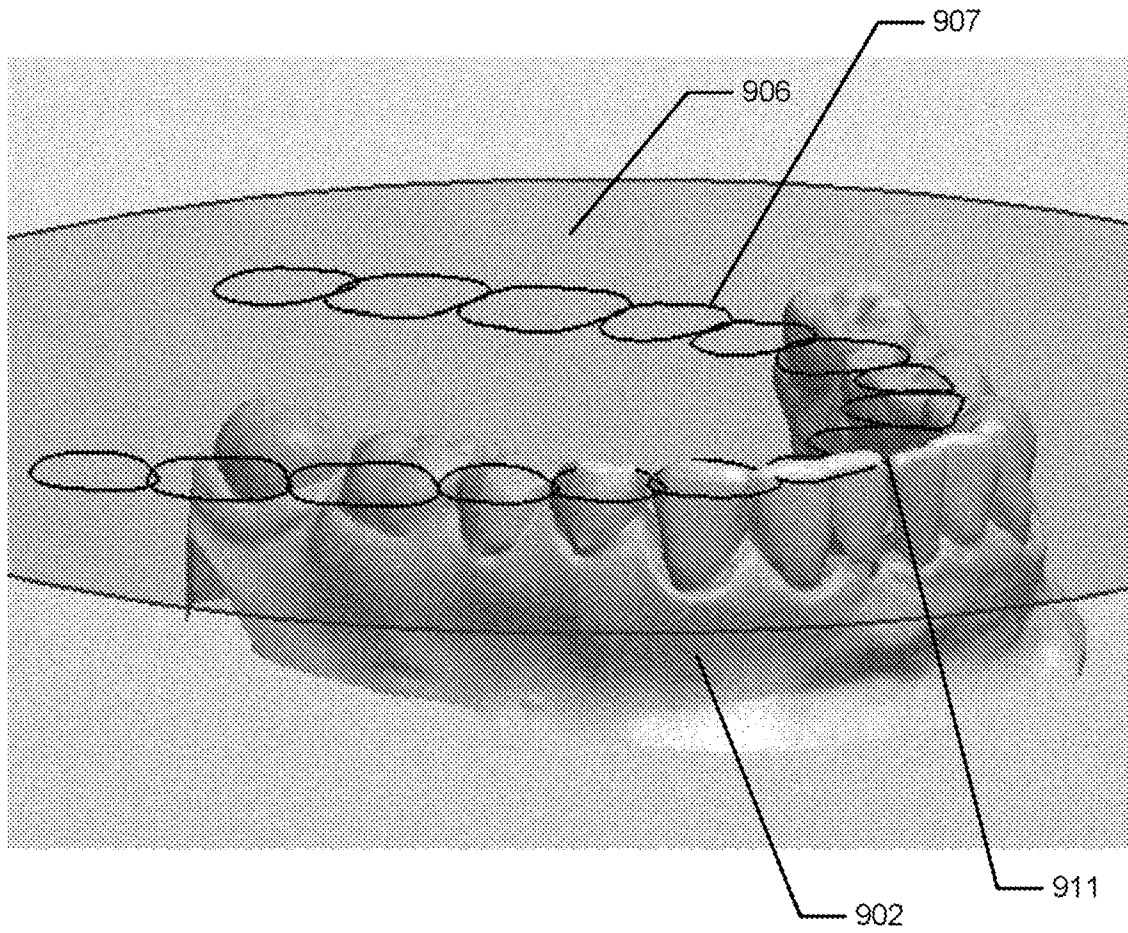


Fig. 7



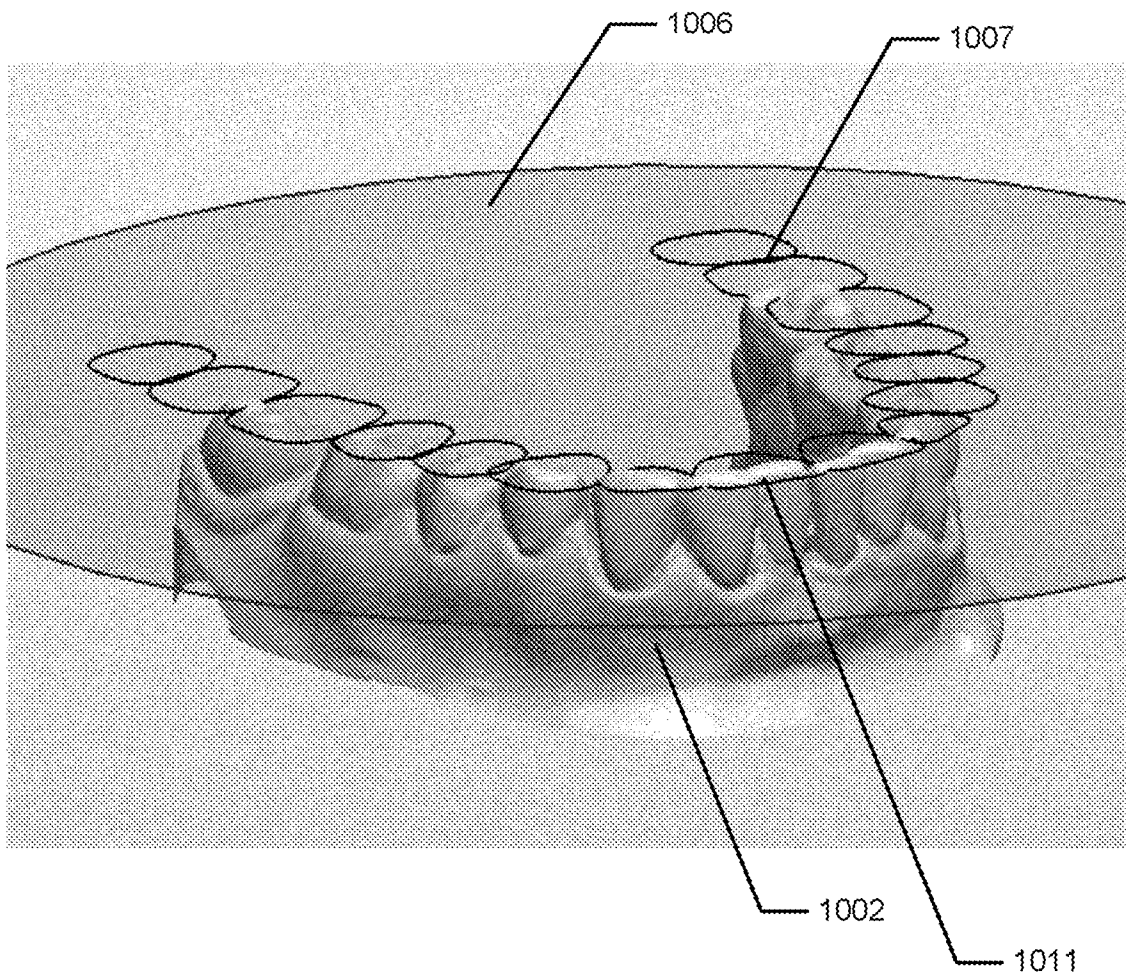
*Fig. 8*





*Fig. 9*





*Fig. 10*

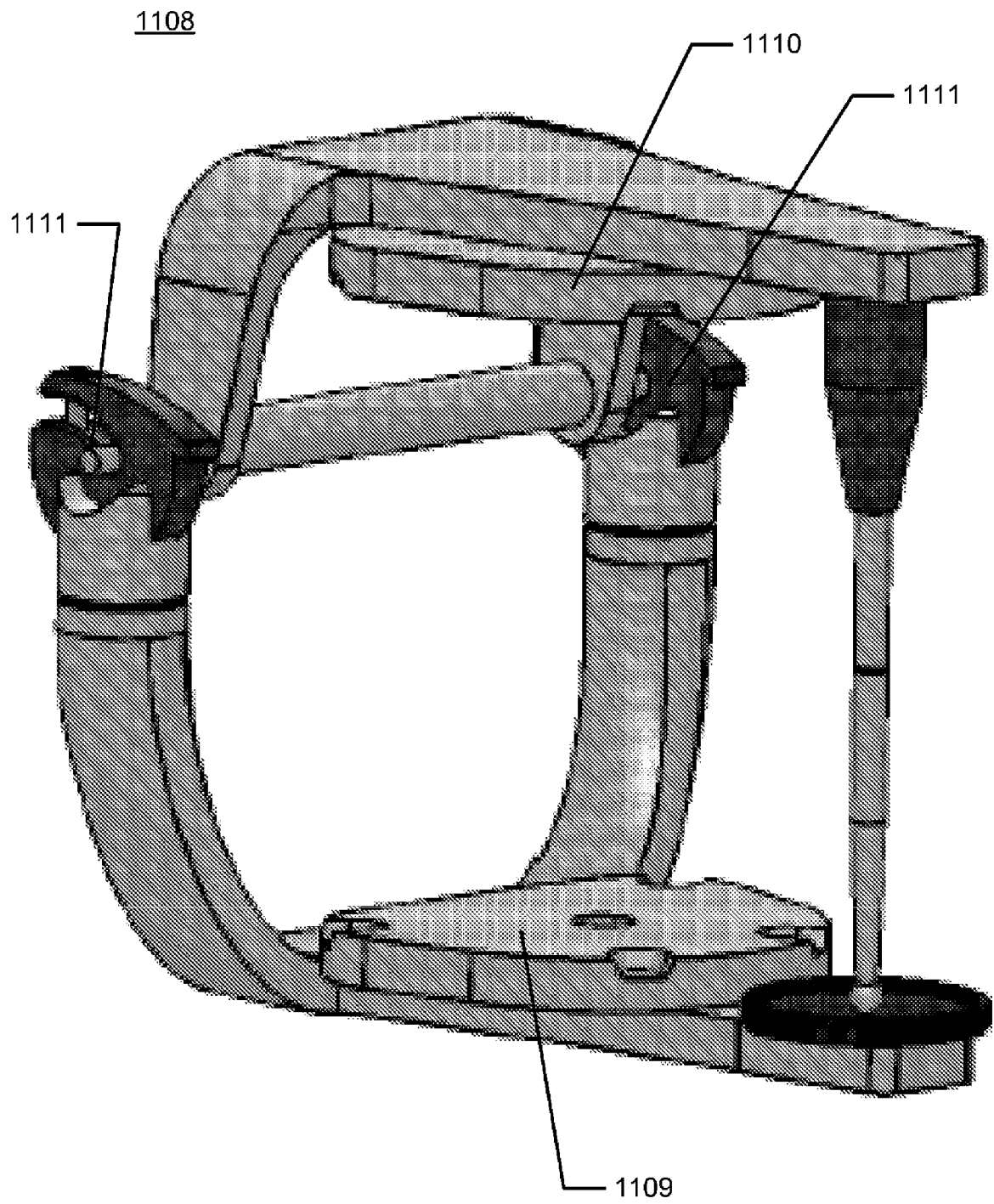
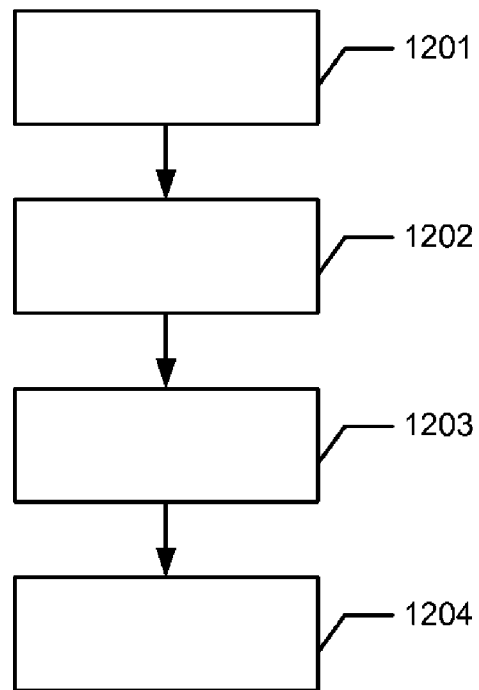


Fig. 11



*Fig. 12*

Fig. 13a)

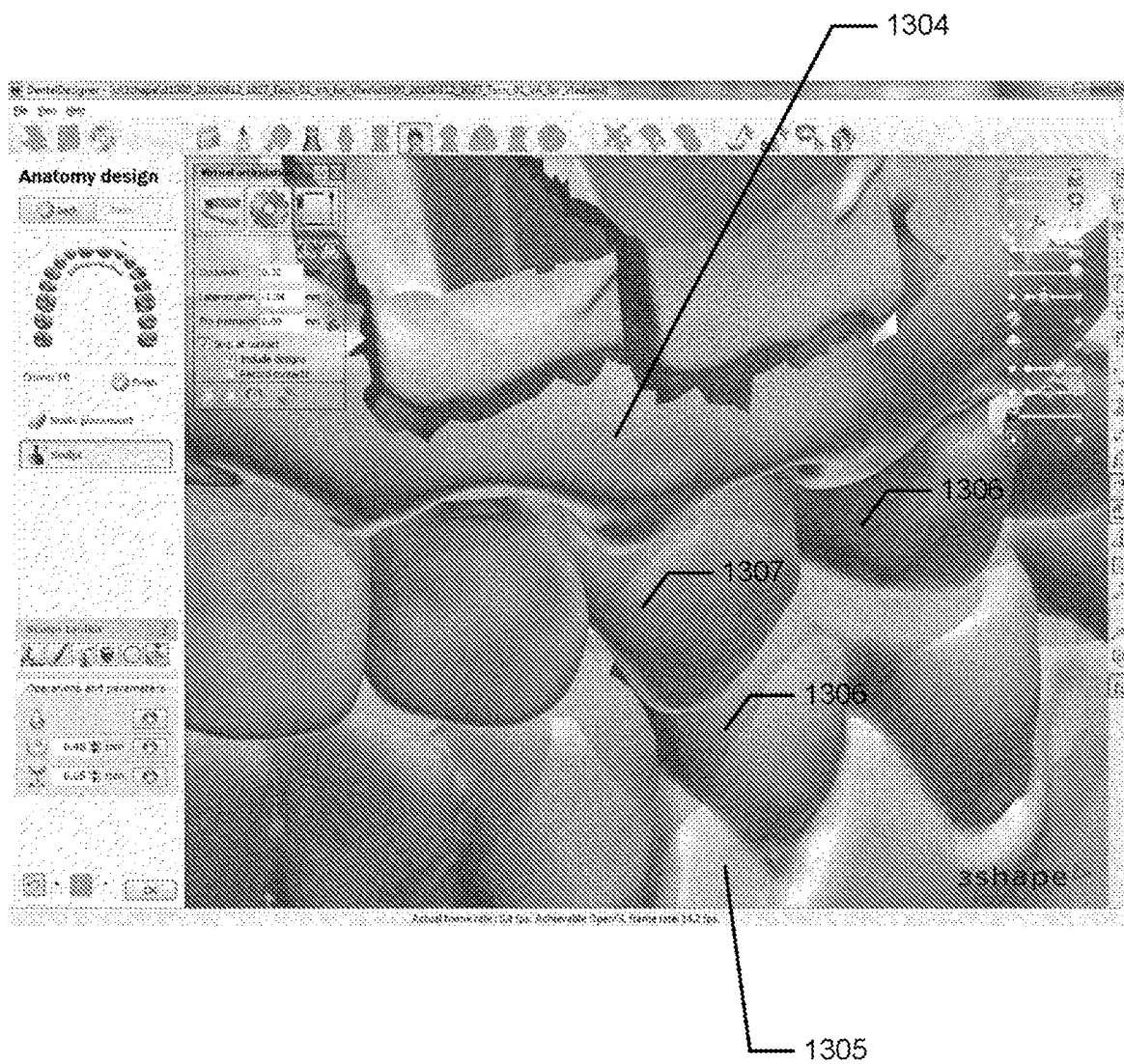


Fig. 13b)

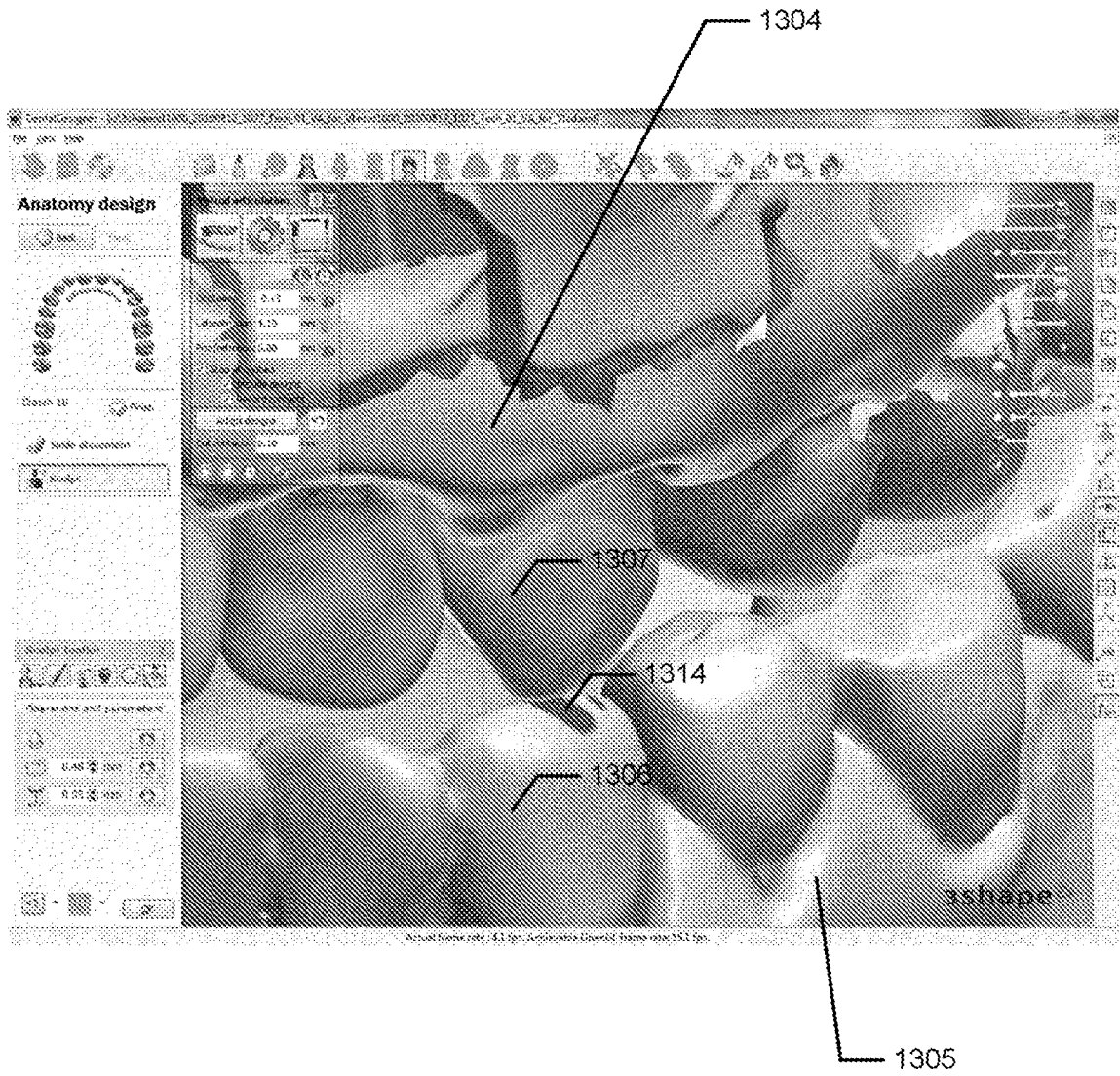
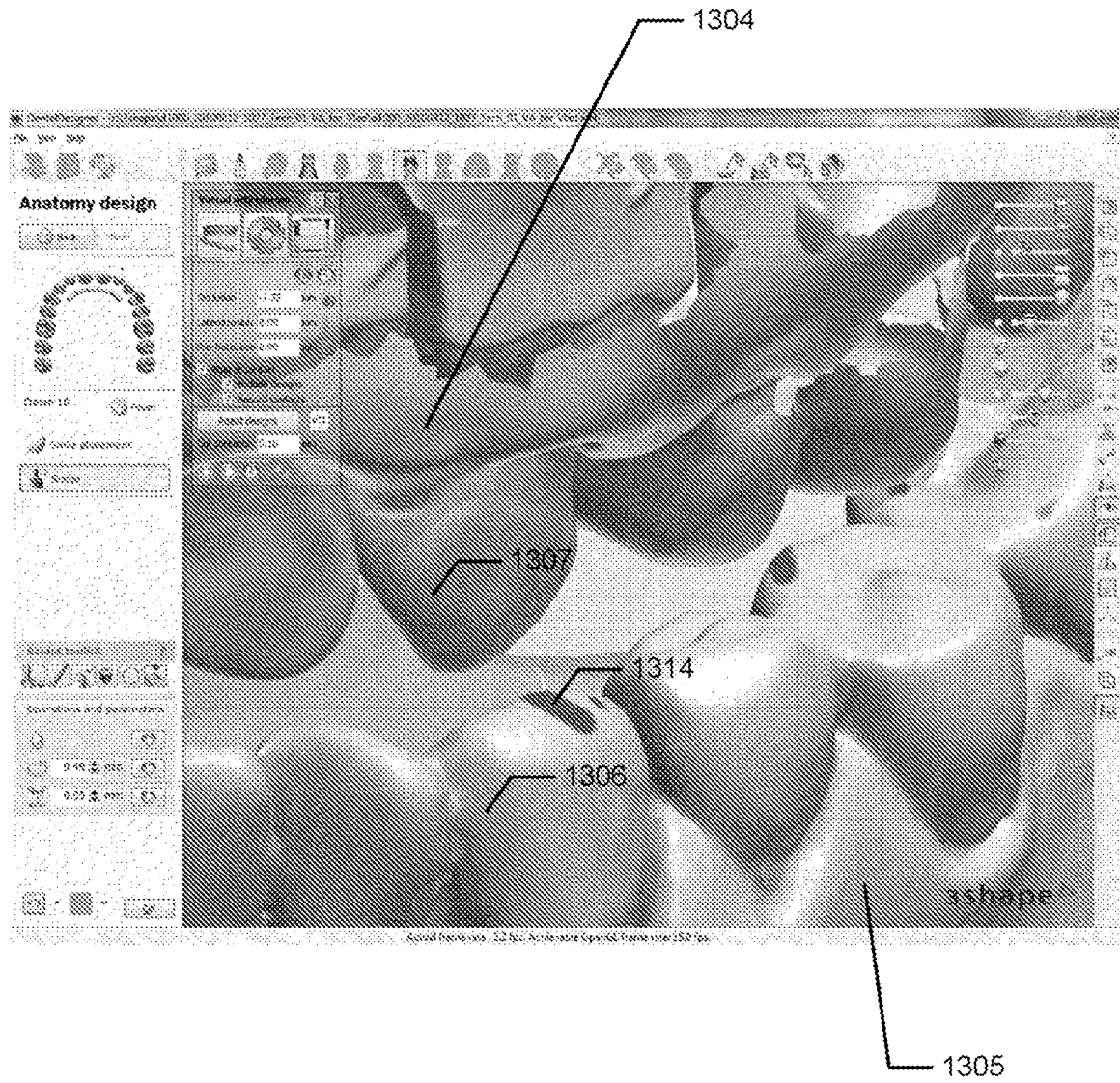
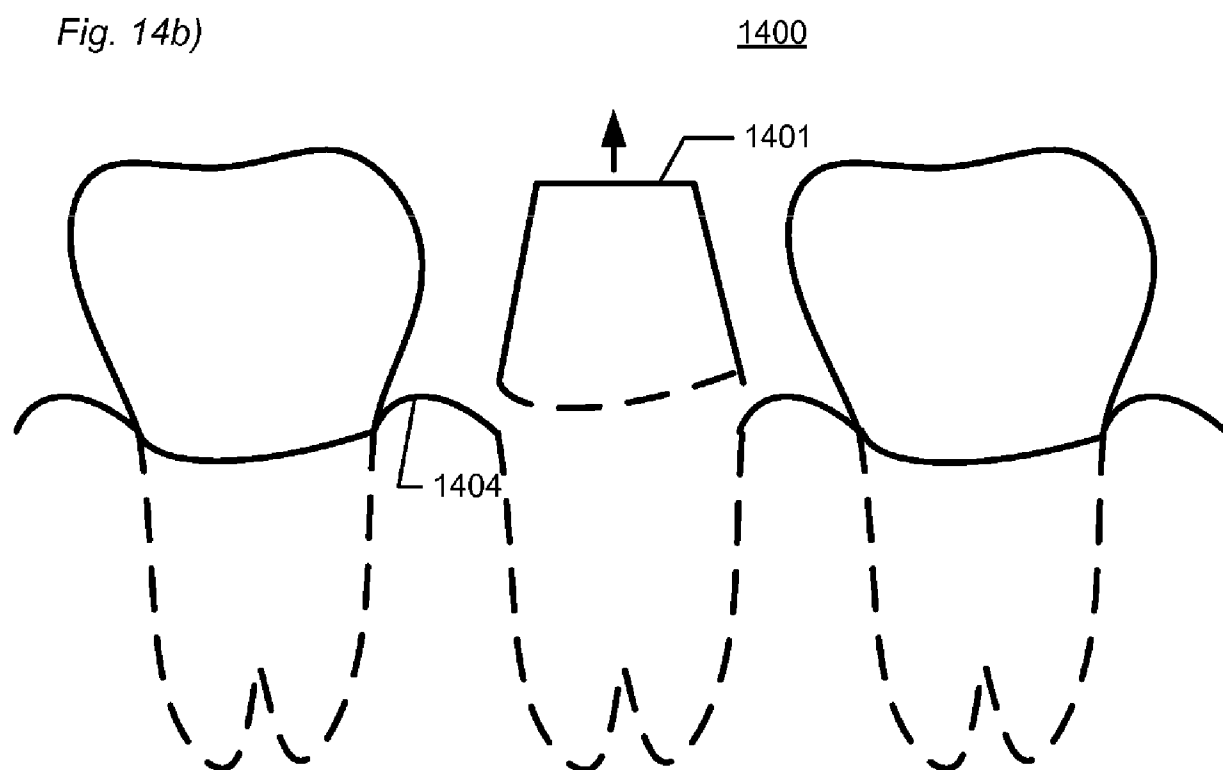
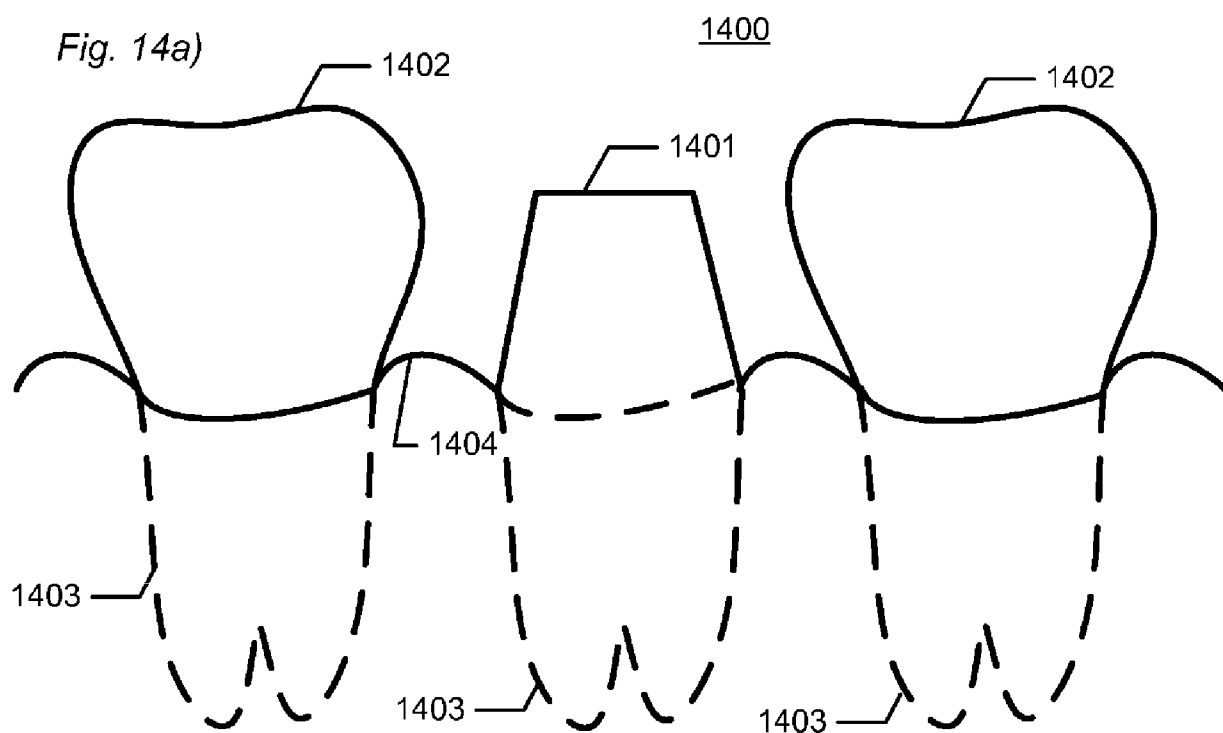


Fig. 13c)





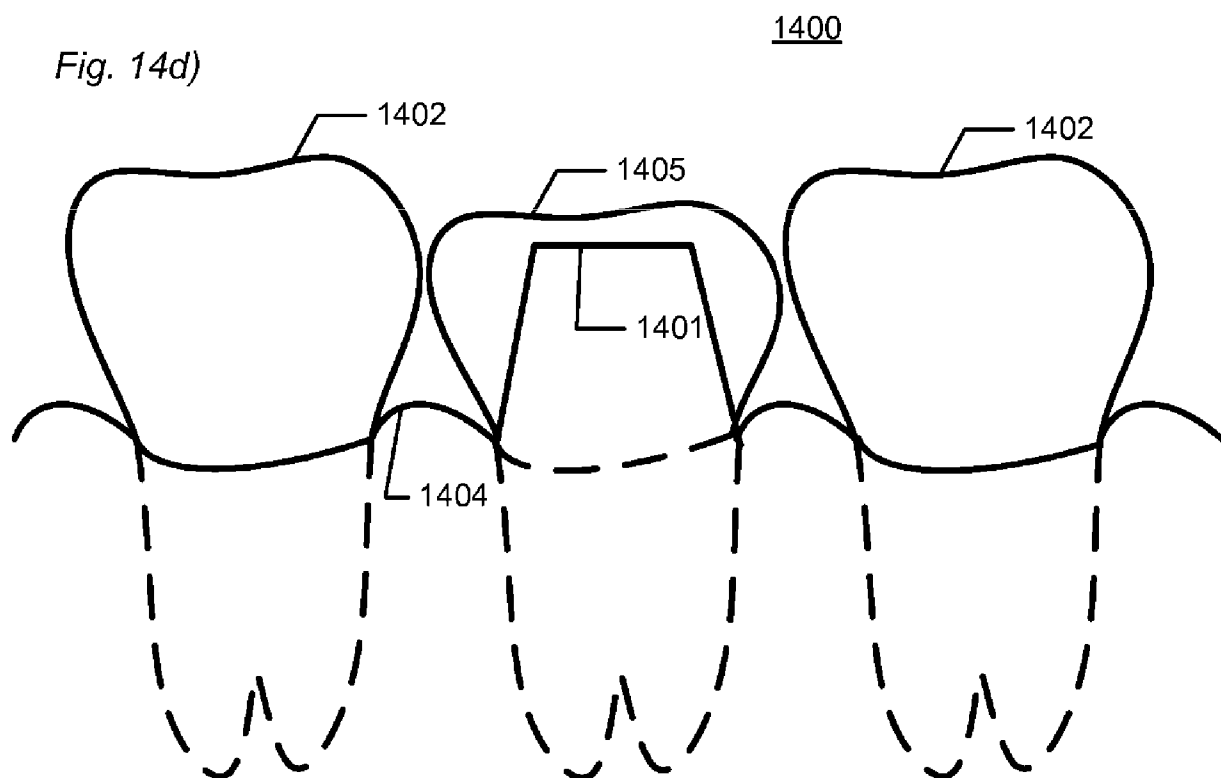
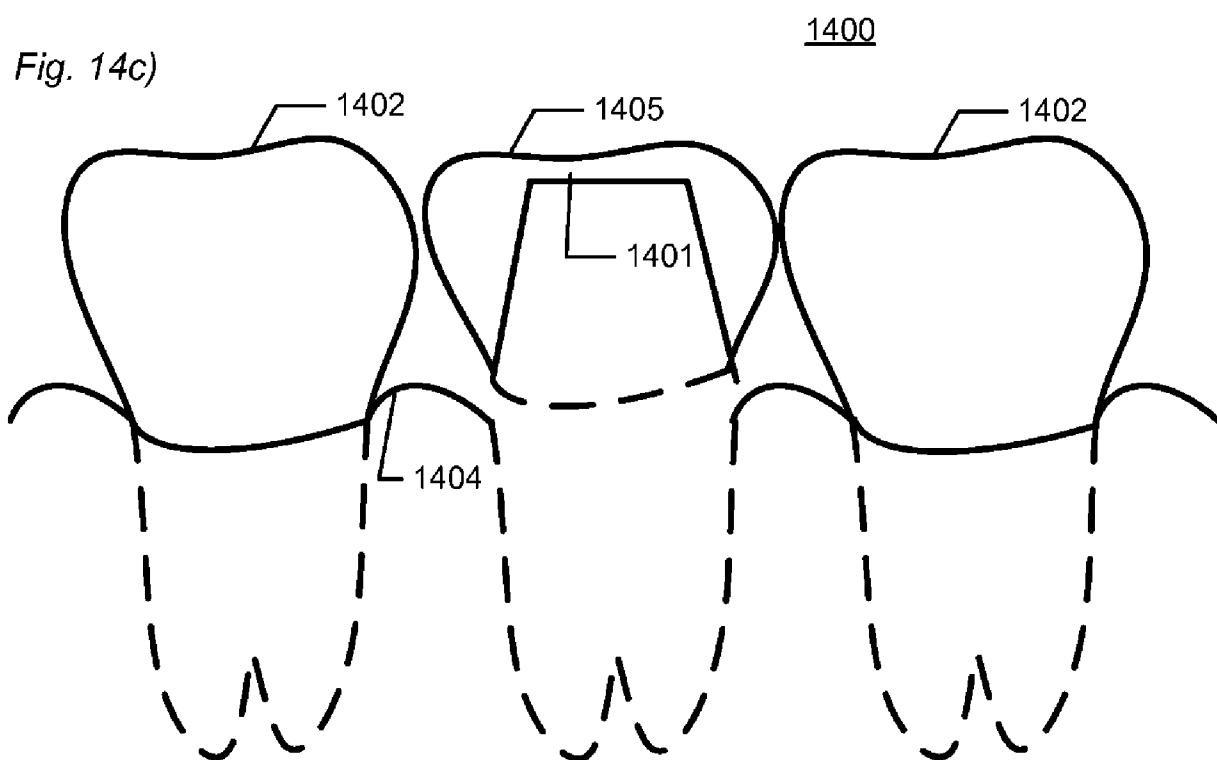




Fig. 15a)

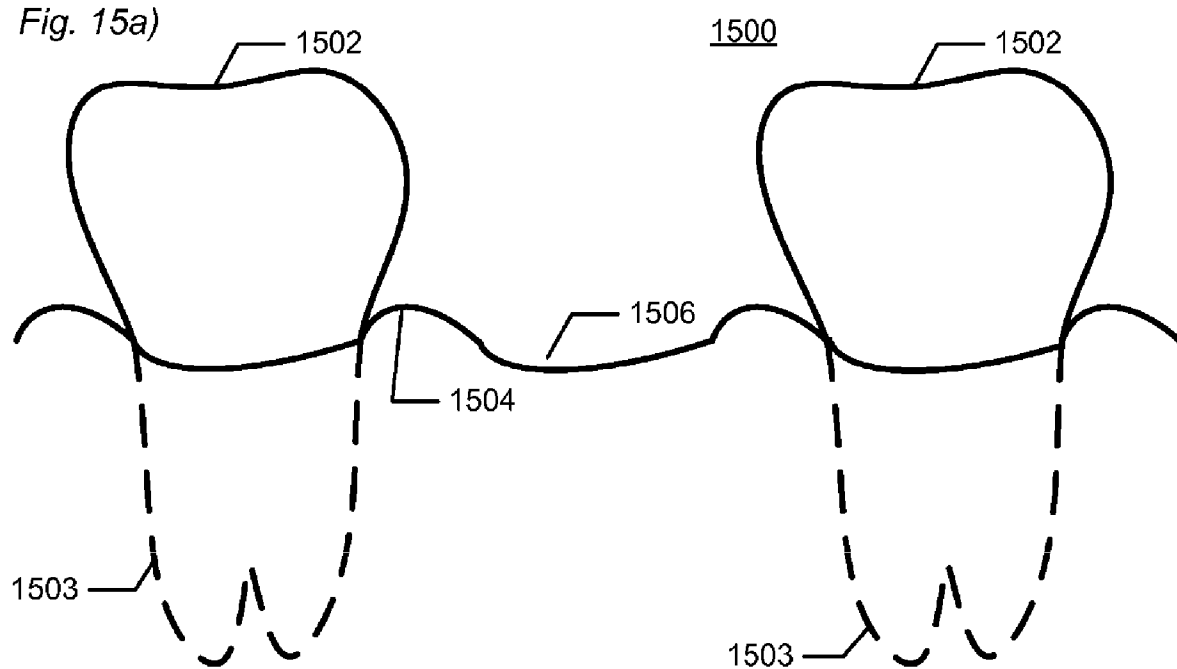


Fig. 15b)

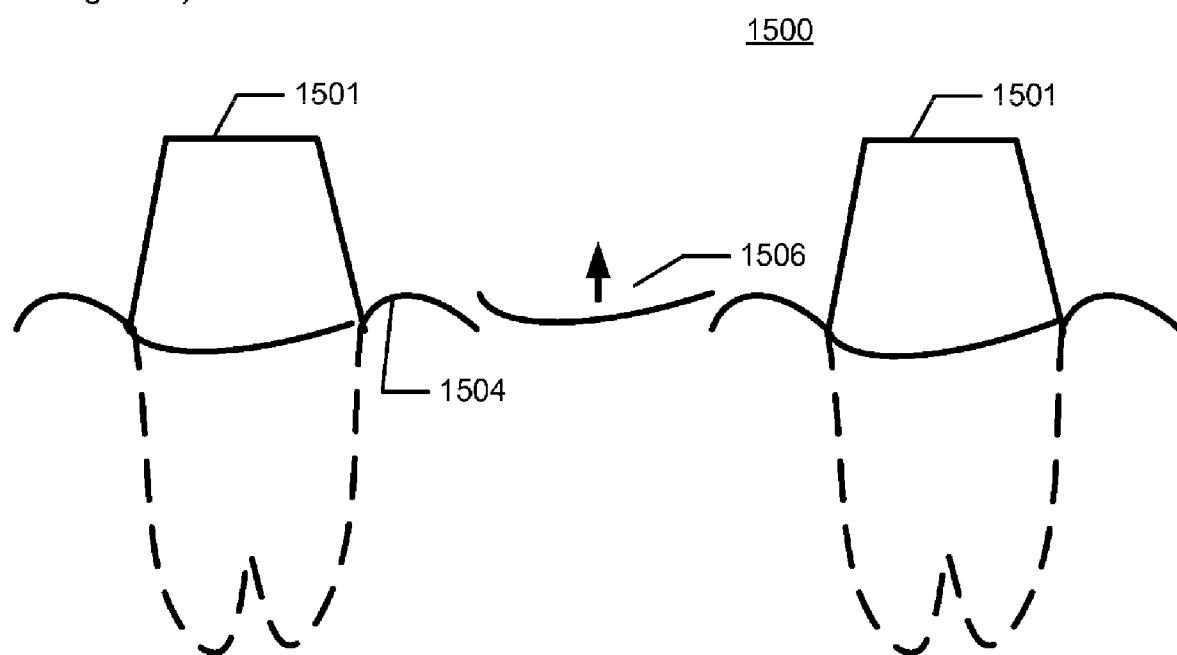


Fig. 15c)

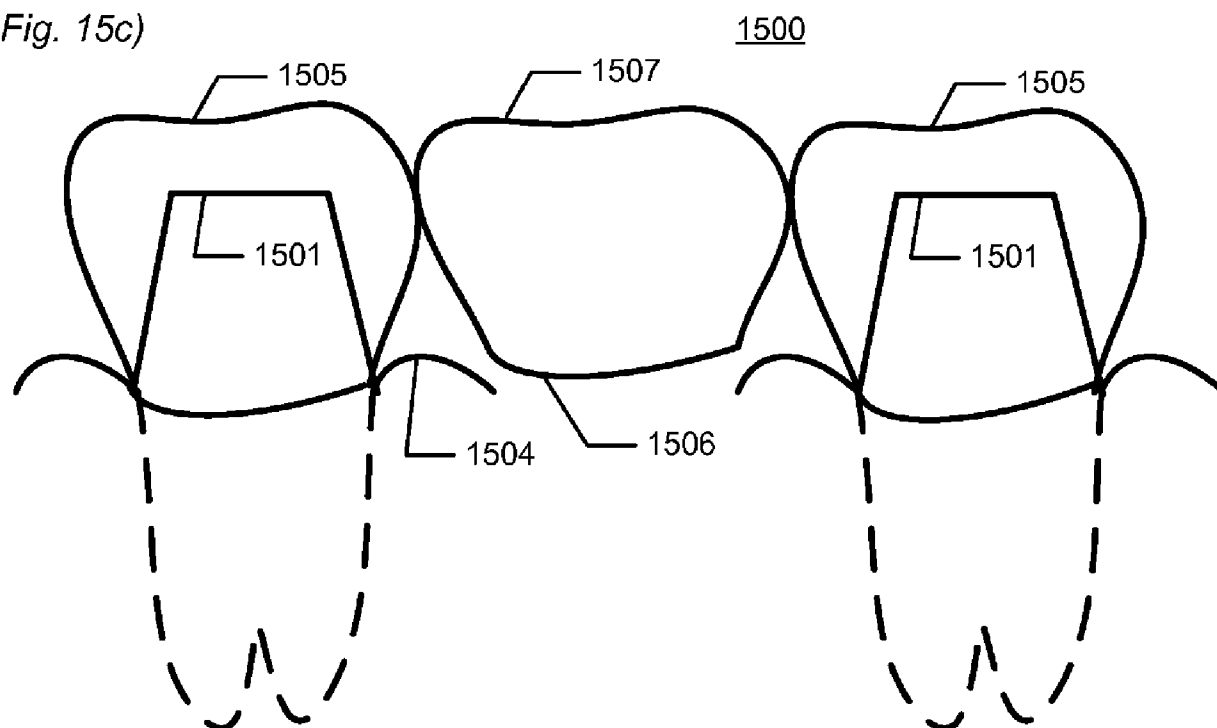


Fig. 15d)

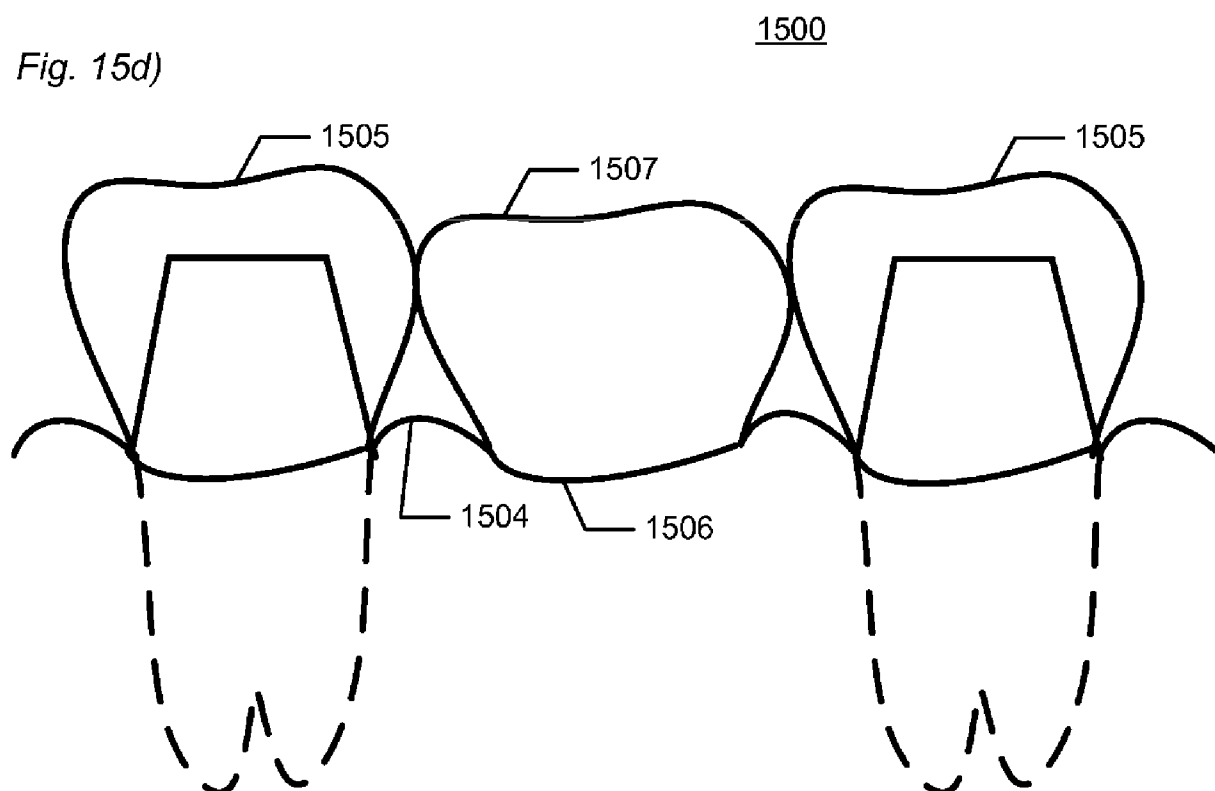


Fig. 16

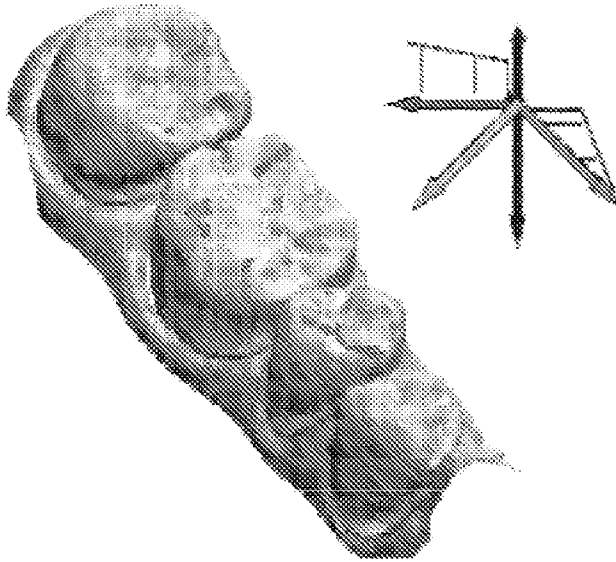


Fig. 17

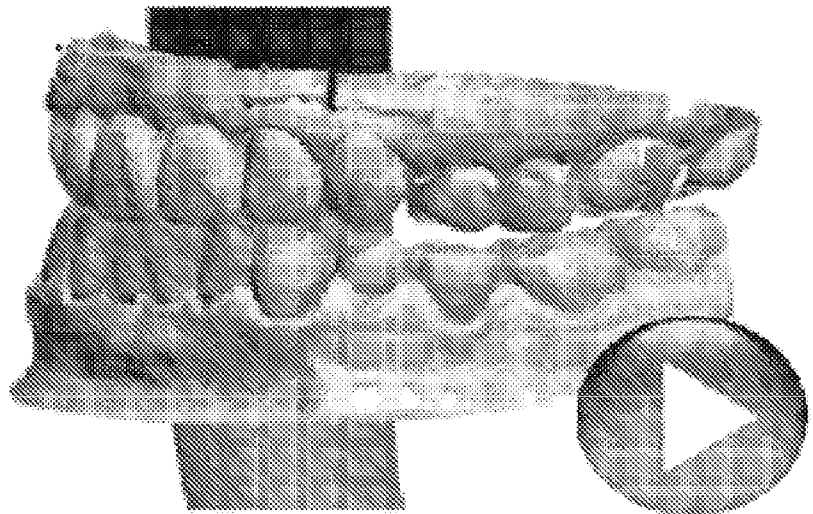
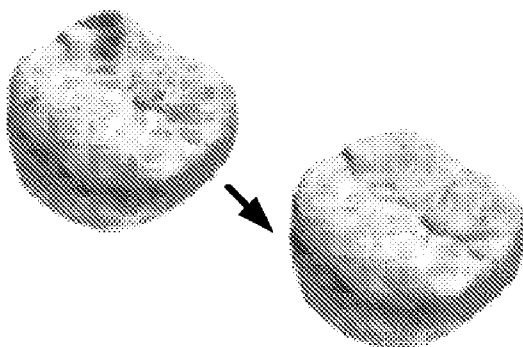
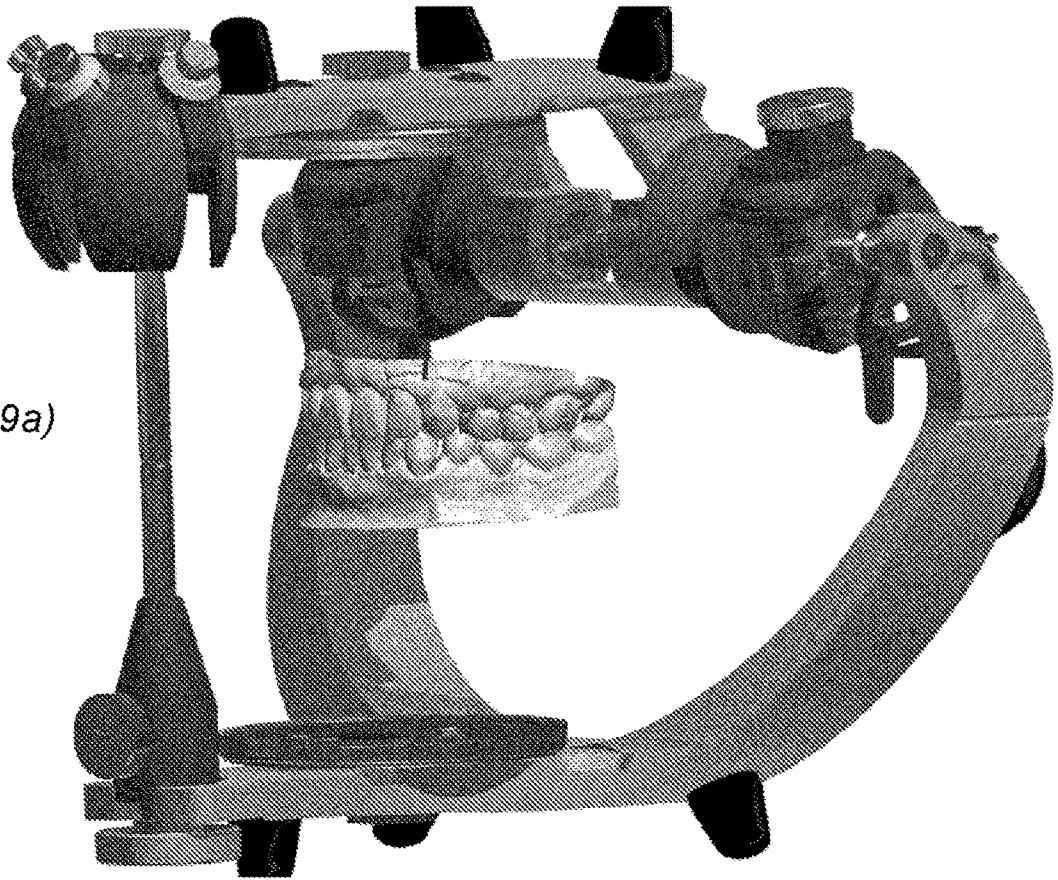


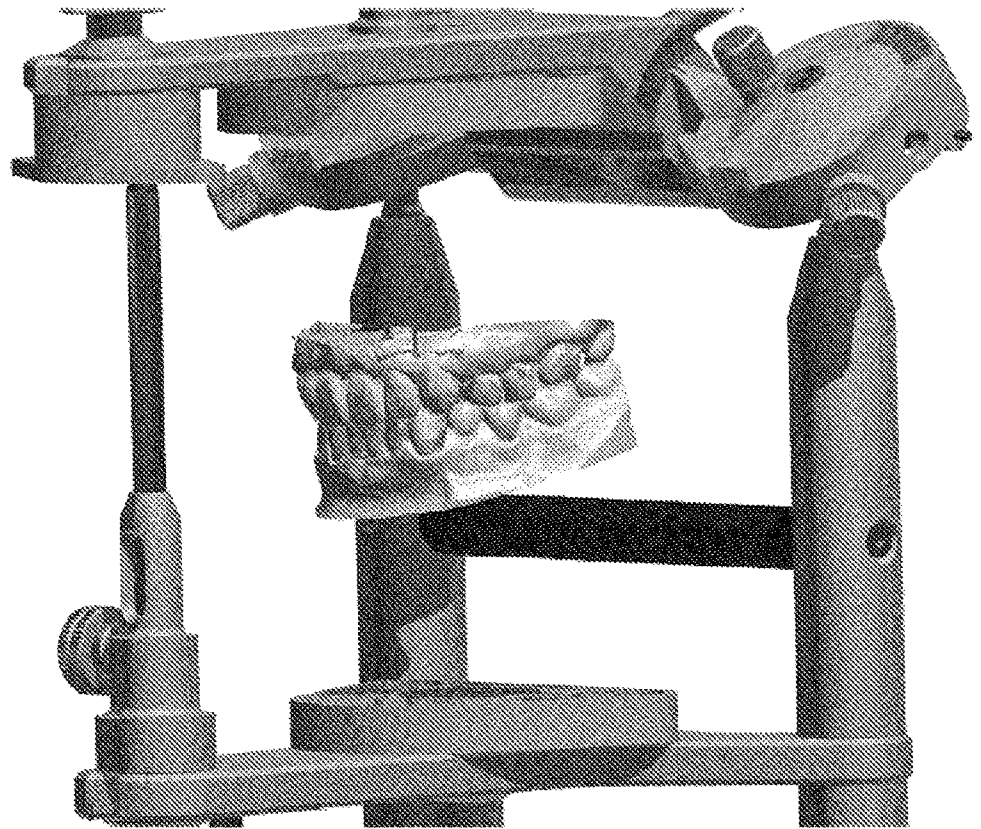
Fig. 18



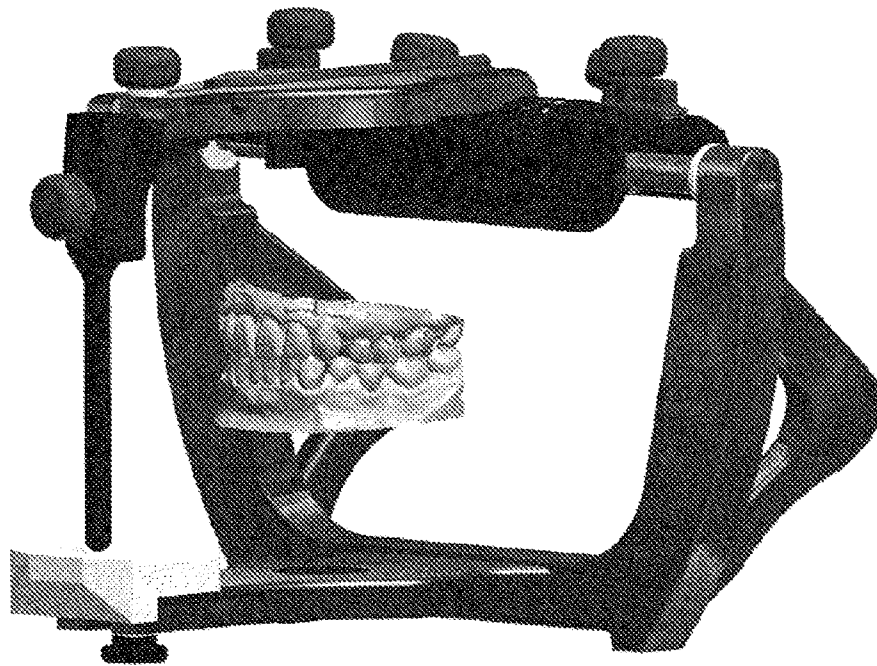
*Fig. 19a)*



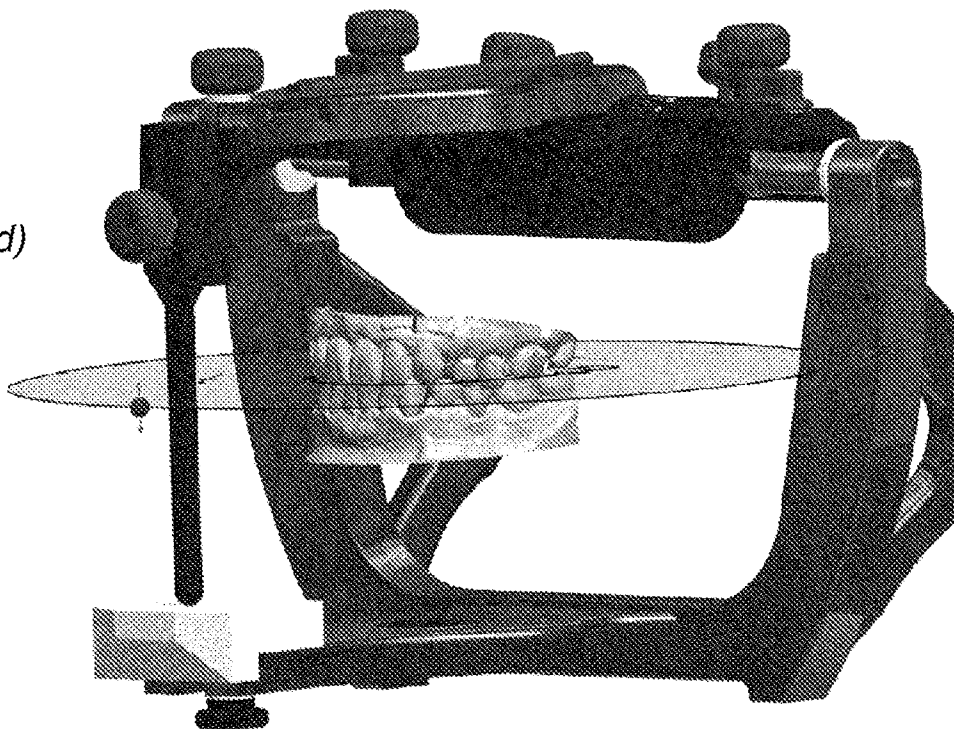
*Fig. 19b)*



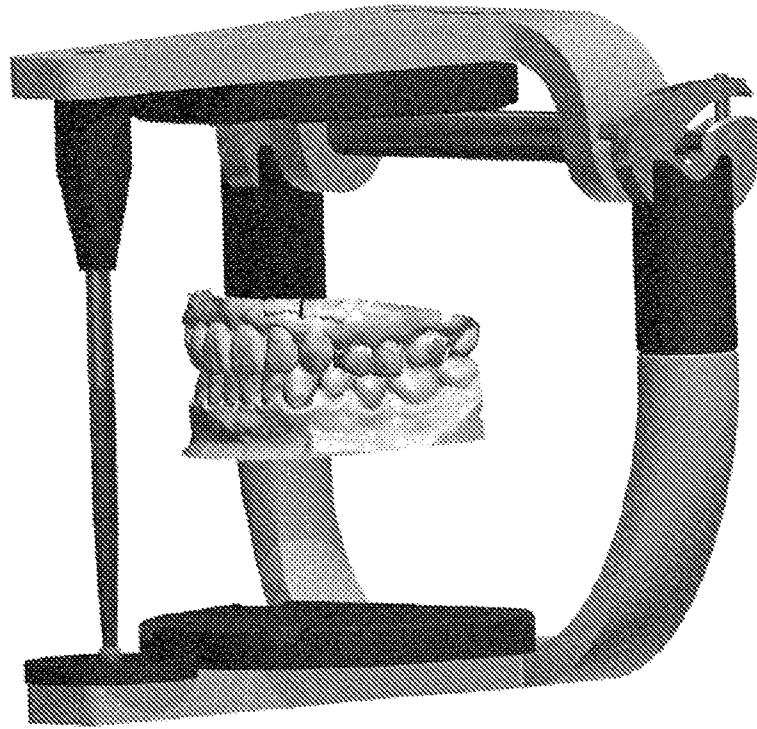
*Fig. 19c)*



*Fig. 19d)*



*Fig. 20a)*



*Fig. 20b)*

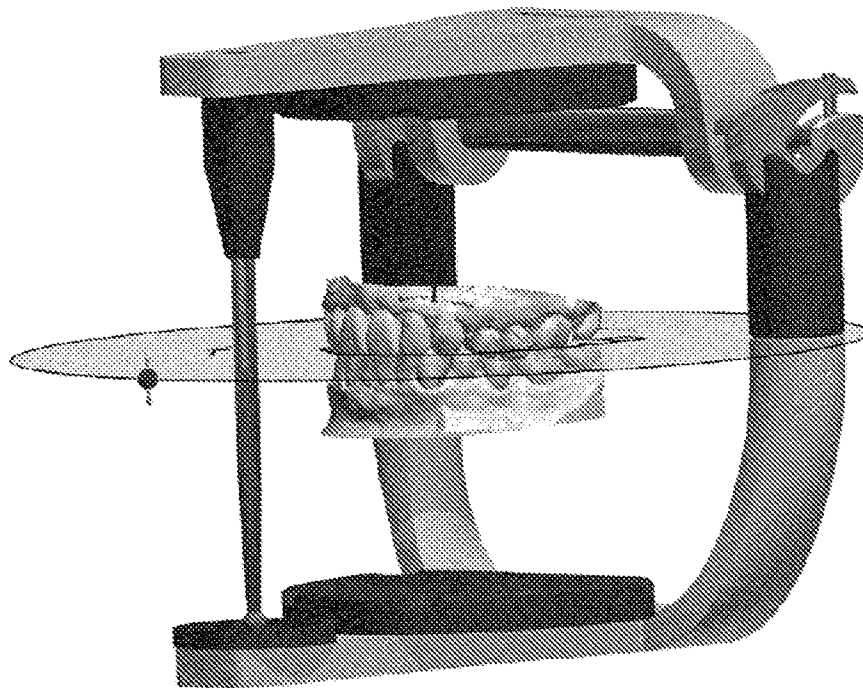


Fig. 21a)

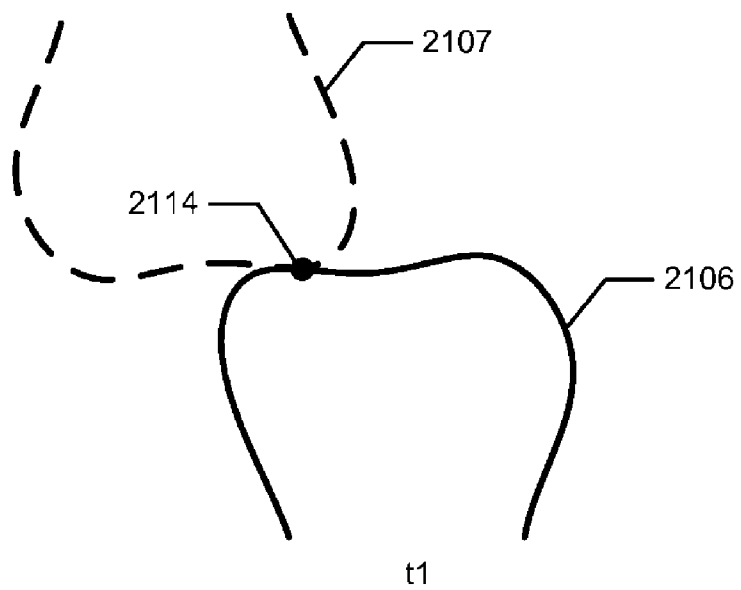


Fig. 21b)

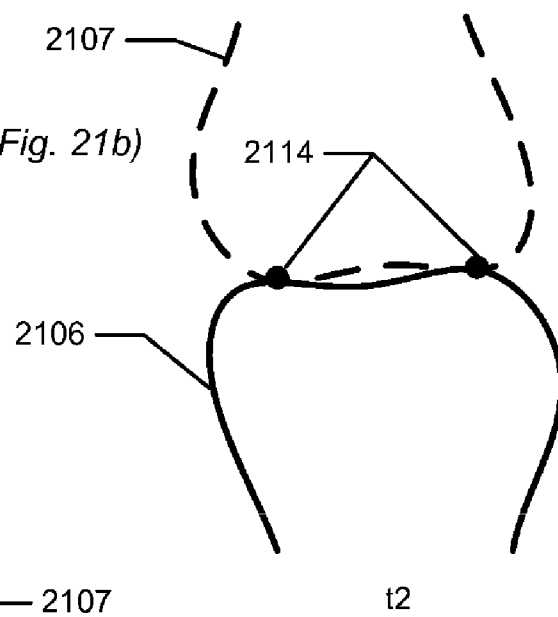


Fig. 21c)

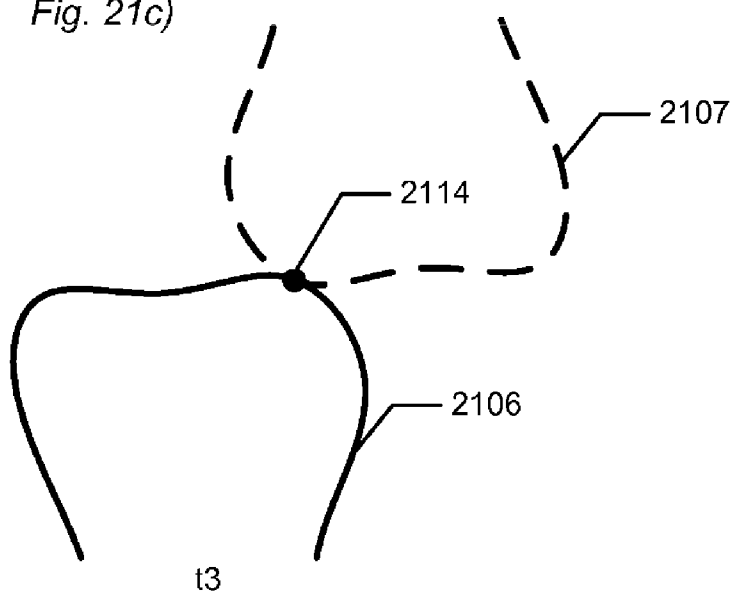




Fig. 21d)

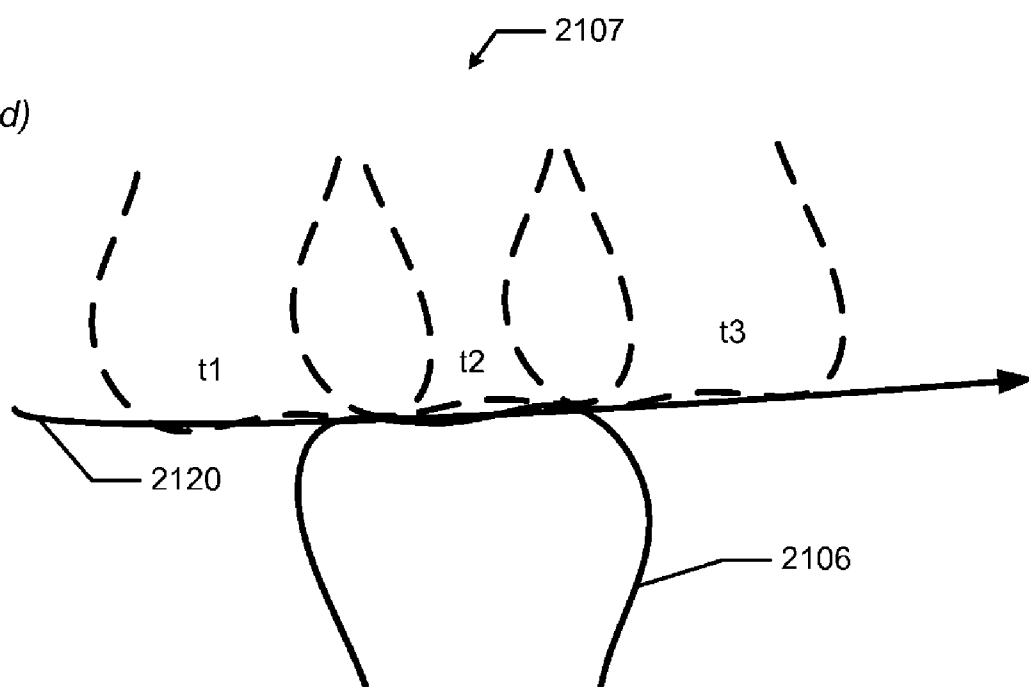


Fig. 21e)

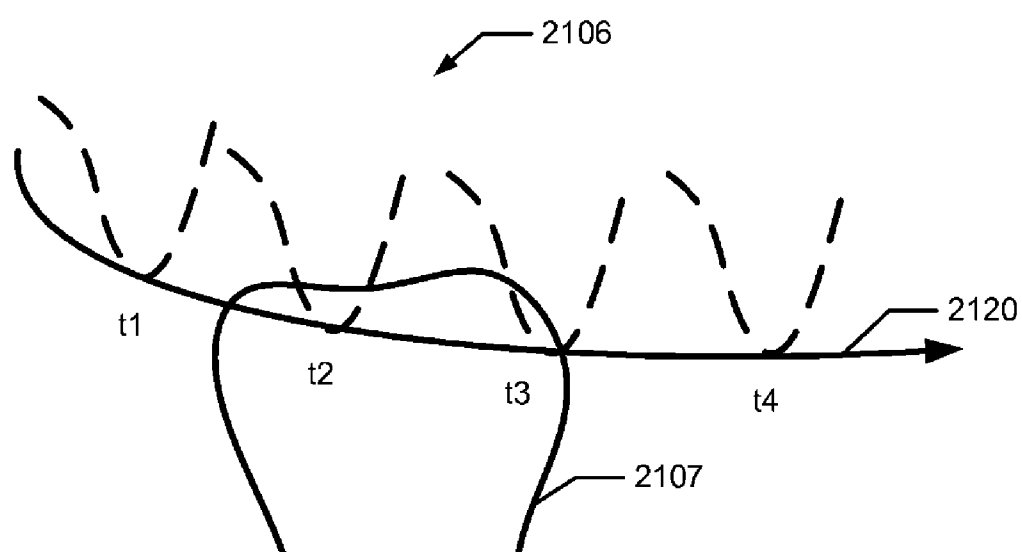


Fig. 22a)

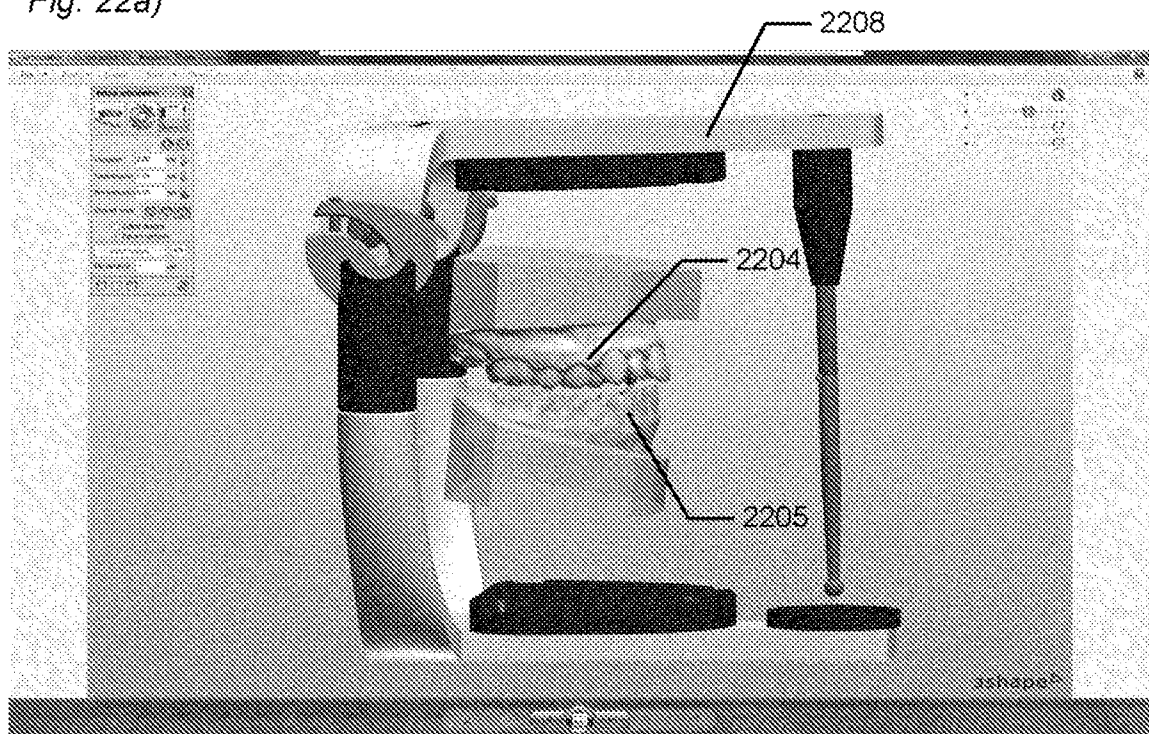


Fig. 22b)

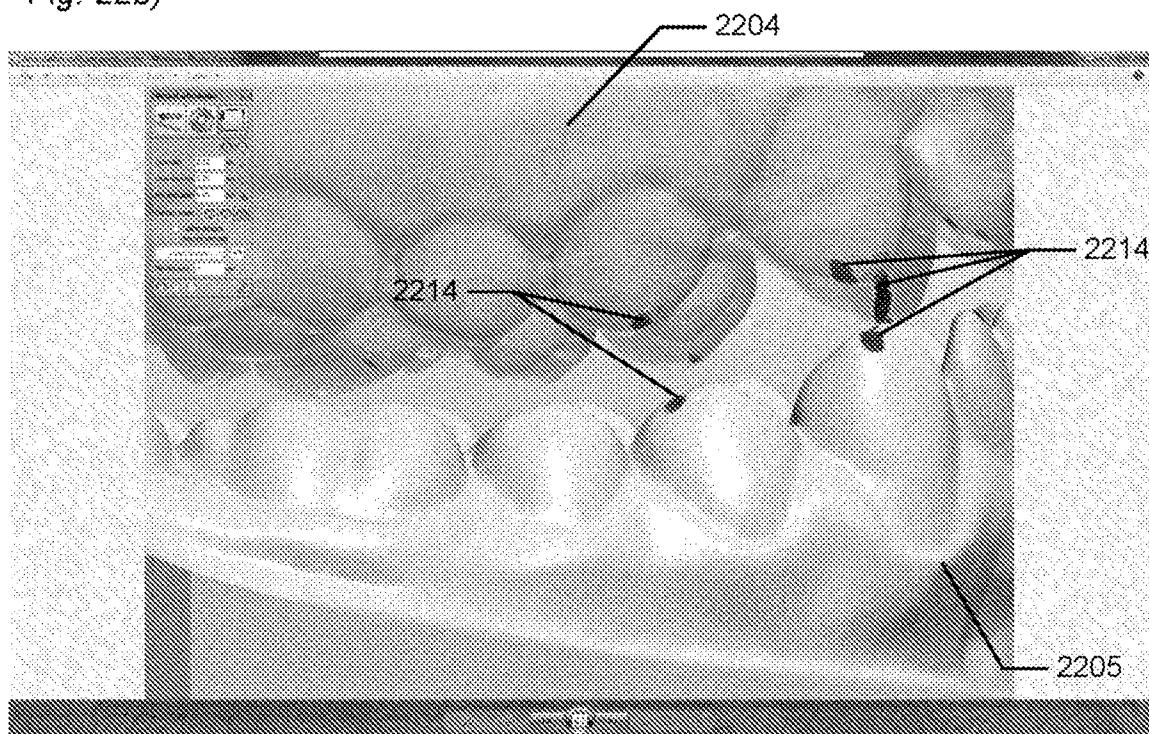


Fig. 23a)

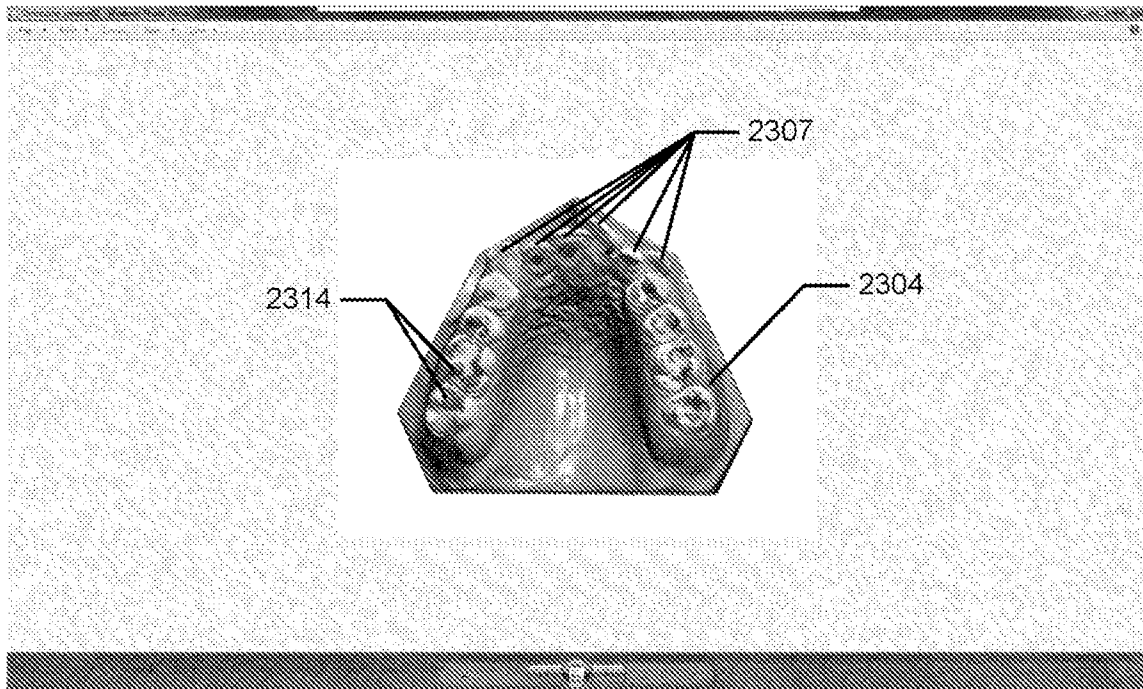


Fig. 23b)

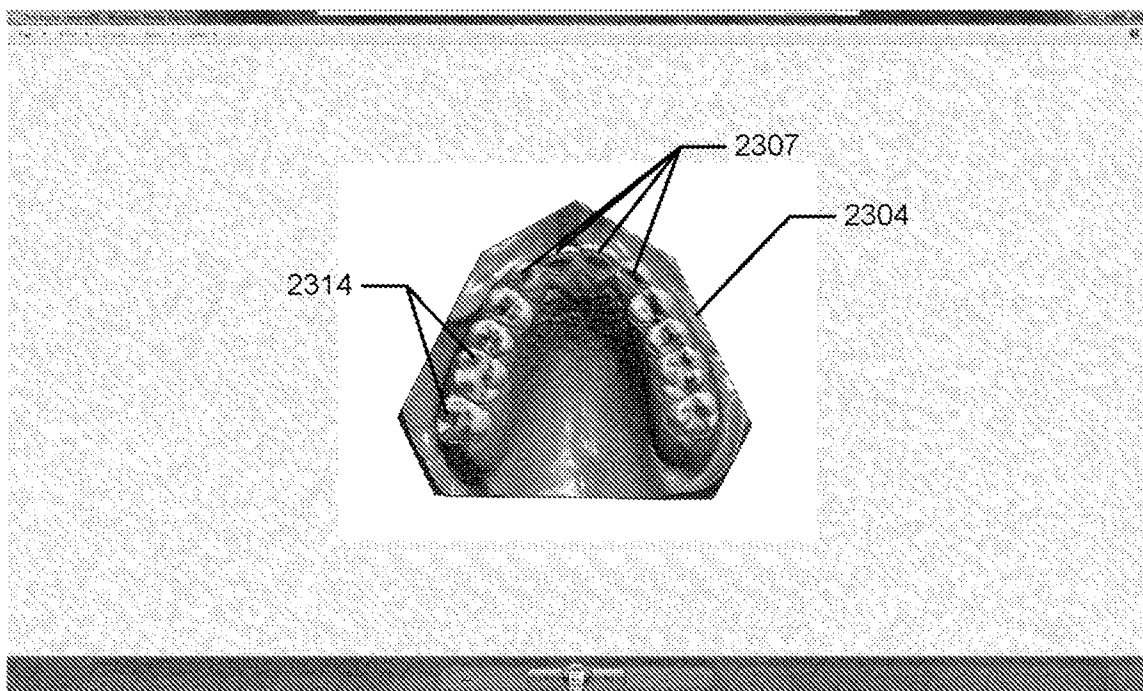


Fig. 24a)

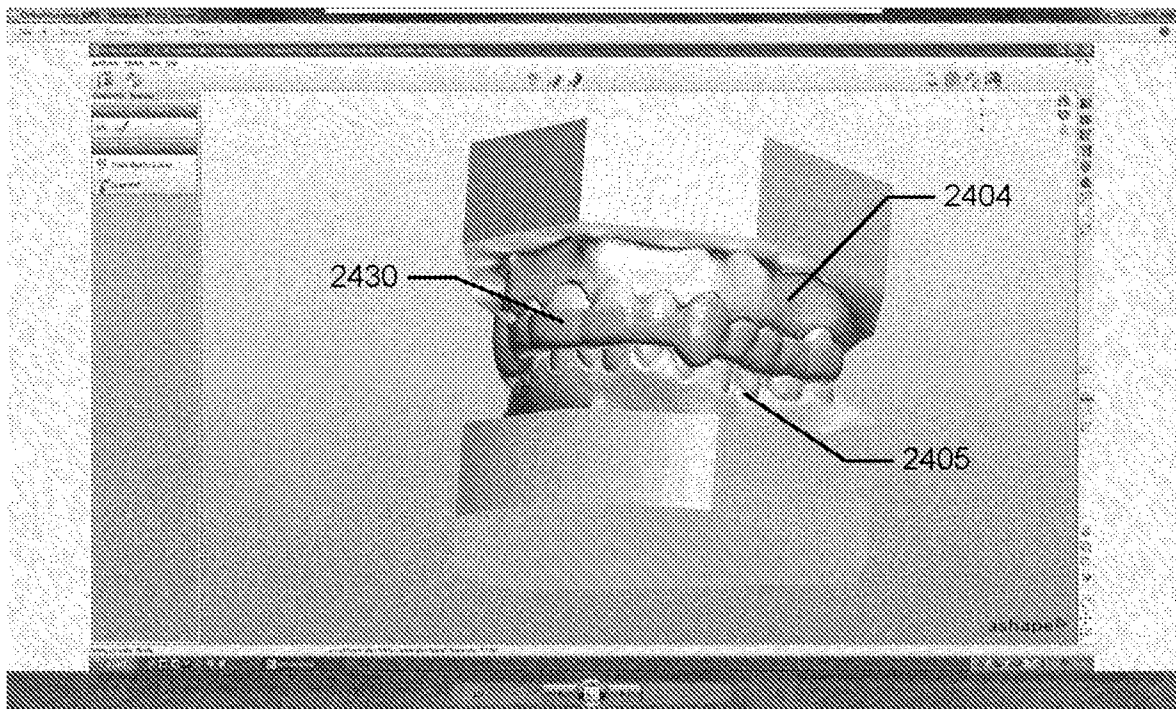


Fig. 24b)

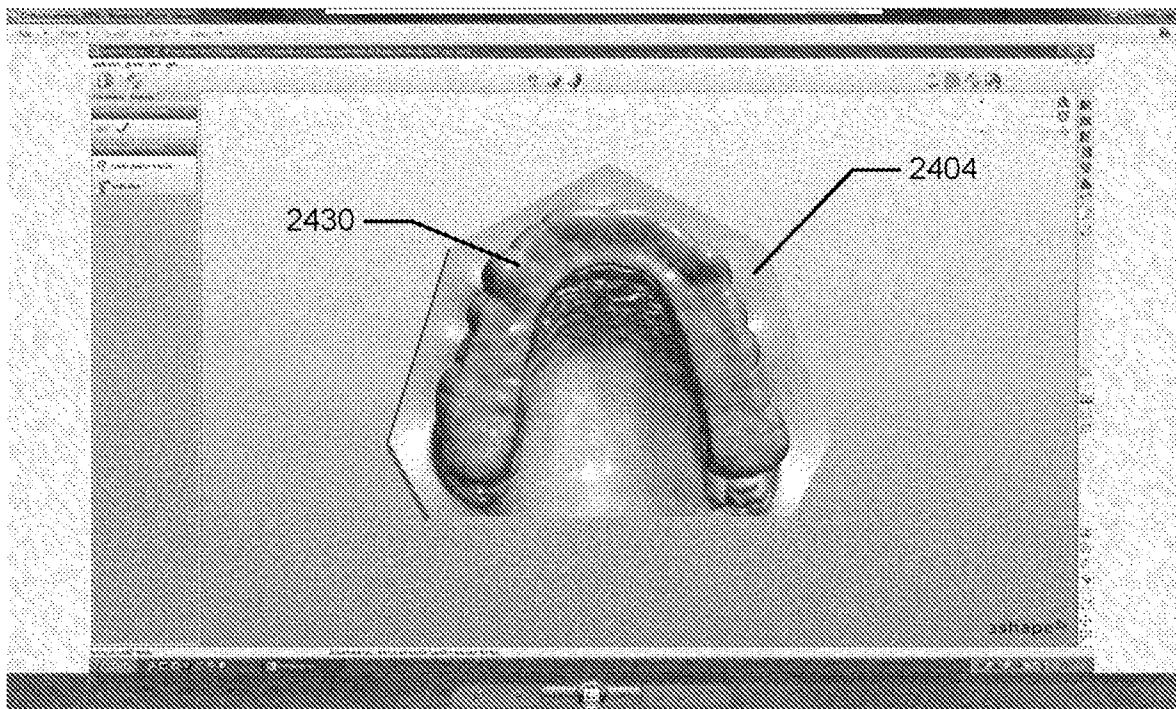


Fig. 24c)

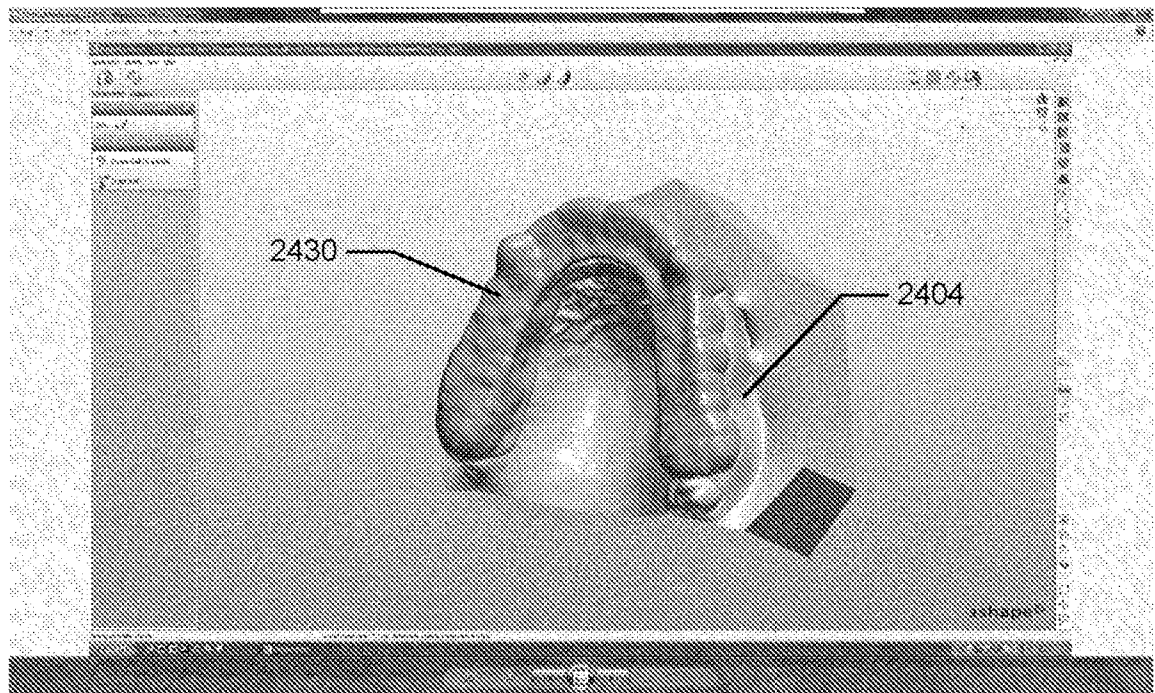


Fig. 24d)

