

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 615**

51 Int. Cl.:

**A61B 6/14** (2006.01)

**A61C 19/045** (2006.01)

**G06T 7/00** (2006.01)

**G06T 19/20** (2011.01)

**A61C 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2013 E 13728333 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2854699**

54 Título: **Procedimiento para la creación de una imagen virtual de la mandíbula**

30 Prioridad:

**25.05.2012 DE 102012104543**

**06.06.2012 DE 102012104912**

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

**28.07.2016**

73 Titular/es:

**SICAT GMBH & CO. KG (100.0%)  
Brunnenallee 6  
53177 Bonn, DE**

72 Inventor/es:

**KUSCH, JOCHEN y  
HANSEN, NILS**

74 Agente/Representante:

**CARBONELL CALLICÓ, Josep**

**ES 2 578 615 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

Procedimiento para la creación de una imagen virtual de la mandíbula

5 La invención se refiere a un procedimiento para la creación de una imagen virtual de la mandíbula

10 En la odontología funcional se contempla un sistema completo de huesos, dientes, articulaciones temporomandibulares y músculos. Cada vez se utiliza con mayor frecuencia un procedimiento electrónico para registrar la compleja secuencia de movimientos específica del sistema completo de cada paciente. Dicho procedimiento es capaz de registrar la posición del maxilar inferior en relación con el maxilar superior en distintos momentos y en seis grados de libertad (tres rotaciones y tres traslaciones). Este tipo de registros de movimiento pueden presentarse en forma de datos de una condilografía.

15 En la DE 10 2004 002 953 A1 se describe un procedimiento en el que la medición de los movimientos relativos de la mandíbula tiene lugar con la ayuda de dos transmisores y sensores de ultrasonidos unidos de forma rígida al maxilar superior y al maxilar inferior.

20 Mediante una representación de los datos de la condilografía obtenidos de esta forma el dentista puede, por ejemplo, representar también la trayectoria de movimiento de un eje articulado imaginario de las articulaciones temporomandibulares durante la acción de masticar. Esta representación de la trayectoria del movimiento de un eje articulado imaginario corresponde a la medición que llevan a cabo los sistemas de medición antiguos (denominados sistemas de axiografía) normalmente de forma mecánica y directa. Estos sistemas de axiografía no miden los seis grados de libertad completos de la posición del maxilar inferior, sino solo una combinación de ángulo-recorrido a partir de la cual no suele ser posible determinar de forma unívoca la posición espacial del maxilar inferior en relación con el maxilar superior. Sin embargo, incluso en el caso de los sistemas de condilografía con los seis grados de libertad completos se suele llevar a cabo la representación de la trayectoria del eje, dado que los médicos están formados para diagnosticar patologías sobre la base de estos datos de la trayectoria.

30 A pesar de que muchas patologías de la anatomía de la articulación y del músculo se pueden diagnosticar mediante condilografías y/o axiografías, a menudo el diagnóstico se ha de diferenciar con la ayuda de técnicas de imagen capaces de representar una anatomía oculta de forma correcta en términos geométricos. Ejemplos de técnicas de imagen de este tipo son la tomografía volumétrica digital (TVD), la tomografía por resonancia magnética (TRM) y la tomografía computerizada (TC). Incluso para la planificación terapéutica posterior al diagnóstico a menudo también resulta esencial la generación de imágenes por tomografía. Es especial si es necesario realizar cambios en los huesos, por ejemplo durante un tratamiento de ortodoncia o una intervención quirúrgica.

40 Hasta ahora normalmente ni siquiera se ajustaban las relaciones posicionales de la mandíbula durante un escáner tomográfico. Más bien escanea al paciente con una alineación de la mandíbula sin definir, bien fijándolo con una pieza de mordida genérica o con la cabeza apoyada sobre un soporte para el mentón. Si se utiliza una pieza de mordida los dientes están ligeramente separados; en el caso de un apoyo para el mentón los dientes se encuentran en posición de oclusión o de intercuspidación máxima.

45 Algunos protocolos de imagen, en especial en la tomografía por resonancia magnética, fijan una determinada apertura de la mandíbula con el fin de poder diagnosticar la posición del disco en la articulación de la mandíbula. Esta apertura de la mandíbula se crea normalmente con la ayuda de un cilindro de algunos centímetros de diámetro que el paciente sujeta entre los dientes durante la realización de la imagen. Sin embargo, la apertura de la boca del paciente con la ayuda de un cilindro solo permite ejercer una influencia relativa sobre la relación del maxilar superior e inferior entre sí. Además, de esta forma solo se pueden fijar relaciones en las que las articulaciones temporomandibulares se encuentran en una posición centrada. Con un cilindro resulta imposible generar fuerzas transversales y de palanca.

50 Por si fuera poco, a menudo los odontólogos o dentistas especializados remiten a los pacientes a un especialista para la obtención de los datos volumétricos por tomografía, si bien por norma general este no suele tener conocimientos específicos de odontología. Por lo general, estos especialistas no son capaces de controlar o ajustar el posicionamiento exacto de la mandíbula.

60 En lo que respecta al diagnóstico y al tratamiento de los problemas que afectan a la articulación temporomandibular, a la hora de tomar cualquier imagen lo que se ha de tener en cuenta fundamentalmente es que la mandíbula no esté sometida a fuerzas poco naturales o deseables. De esta forma puede ocurrir, por ejemplo, que a la hora de realizar un procedimiento por tomografía en la posición de intercuspidación (ICP), y debido a la fuerza muscular, se produzca una ligera deformación de la mandíbula o se tome la imagen de la articulación temporomandibular en una posición poco natural. Por supuesto, esto reduciría notablemente la calidad de las imágenes digitales. Asimismo, en principio tanto las imágenes por tomografía como otro tipo de imágenes tomadas en la posición ICP suelen resultar

poco útiles, dado que los datos de imagen en los límites entre el maxilar superior e inferior no suelen poder asignarse demasiado bien de forma automática al maxilar correspondiente.

5 La US 6 152 731 A revela un procedimiento para mostrar la oclusión de los dientes de un paciente. En este caso se calcula un eje articular con la ayuda del cual es posible colocar los dientes del maxilar superior y de maxilar inferior en posiciones relativas adecuadas entre sí.

10 La US 2003/0204150 A1 muestra un procedimiento para el análisis de los movimientos de la mandíbula. En este caso se registran datos de la superficie de los dientes. En la US 4 836 778 A también se describe un procedimiento para la captura de los movimientos de la mandíbula.

15 El objetivo de la presente invención es crear una herramienta de diagnóstico pertinente para el diagnóstico de enfermedades de la articulación temporomandibular. El objetivo de la invención se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1; otras modalidades ventajosas del mismo se desprenden de las reivindicaciones subordinadas.

20 La esencia de la invención es, concretamente, que las imágenes digitales del maxilar superior y del maxilar inferior generadas en un momento determinado, y por lo tanto con una alineación no definida en detalle, por ejemplo, durante el escaneo de la TVD o similar, se puedan colocar ahora, con la ayuda del registro de movimiento, en una posición cualquiera predeterminable entre sí, que además corresponde con una posición real del maxilar inferior con respecto al maxilar superior. De esta forma, en un primer paso del diagnóstico con la ayuda del registro de movimiento en un determinado momento se podría, por ejemplo, diagnosticar una patología. Sin embargo, a menudo tales registros de movimiento solo pueden arrojar información específica limitada sobre dicha patología. Con la ayuda de la invención ahora es posible mostrar la articulación temporomandibular con la alineación del maxilar superior con respecto al maxilar inferior que se desea examinar, a partir de lo cual se pueden obtener resultados y diagnósticos adicionales, sin que en este caso sea necesario recurrir a otra técnica de imagen con la mandíbula en la posición deseada. También se pueden elegir otros momentos, concretamente el momento justo antes del momento determinado anteriormente o un momento justo después del momento pertinente establecido con anterioridad. La posición correspondiente de los maxilares entre sí se puede visualizar entonces mediante una simple alineación virtual de la imagen digital del maxilar inferior con respecto a la imagen digital del maxilar superior. Esto ofrece posibilidades de diagnóstico desconocidas hasta la fecha y que, en todo caso, solo se podrían sustituir por procedimientos tomográficos móviles que resultan considerablemente más complicados y que someterían a los pacientes a una radiación ionizante mucho mayor. El usuario puede seleccionar ahora el momento deseado del registro del movimiento en el ordenador y obtener a continuación la representación gráfica de la alineación intermaxilar.

35 Como técnica para el registro del movimiento se utiliza sobre todo la técnica de la condilografía, la cual se cita en la descripción que sigue, incluso como sustituta de otras técnicas de registro del movimiento. El resultado de un procedimiento orientado a la captura del movimiento es la grabación del movimiento, si bien a continuación, y como representativo de los resultados de otras técnicas, también se habla de la condilografía o de los datos de la condilografía.

45 Las imágenes volumétricas digitales de la mandíbula utilizadas proceden de la misma persona que se sometió a la condilografía. En ese caso se genera preferentemente la imagen del maxilar superior y la imagen del maxilar inferior en una posición cualquiera, siempre con la ayuda de un procedimiento de obtención de imágenes. Por lo tanto, la posición del maxilar inferior con respecto al maxilar superior durante el procedimiento de toma de imágenes puede diferir de la alineación virtual de la imagen virtual de la mandíbula que se desea generar. En este sentido ya no resulta necesario tomar las imágenes digitales del maxilar superior y del maxilar inferior exactamente en una posición en la que la condilografía pueda sugerir una posible patología. Es suficiente con que la imagen tomada muestre la mandíbula real en «alguna» posición para después, con la ayuda de la simulación mencionada anteriormente, representar –al menos virtualmente– cualquier posición intermaxilar. En otras palabras, el procedimiento según la invención permitirá al especialista fusionar los datos de la condilografía con imágenes volumétricas, en especial con imágenes tomadas por tomografía.

55 Para seleccionar el conjunto de datos posicionales se elige un momento en el desarrollo de la grabación del movimiento y sobre la base del momento seleccionado se identifica, y con ello se selecciona, el correspondiente conjunto de datos posicionales. En este sentido, los conjuntos de datos posicionales se registran durante un determinado periodo de tiempo, asignando al menos indirectamente a cada conjunto de datos posicionales un momento en el movimiento de masticación. No es necesario que el momento esté representado en una unidad de tiempo, sino que también puede asignarse, por ejemplo, al ángulo de apertura de la boca durante la apertura y el cierre.

El conjunto de datos posicionales puede mostrar una posición local de al menos uno o varios puntos unidos de forma fija al maxilar inferior con respecto a un sistema de referencia, el cual también está unido de manera fija al

maxilar superior, en cada caso en el momento de la imagen de la condilografía. Los conjuntos de datos posicionales no arrojan necesariamente información directa sobre la alineación absoluta del maxilar inferior con respecto al maxilar superior. Sin embargo, la posición del maxilar inferior con respecto al maxilar superior en al menos un momento de la condilografía es o bien conocida o se puede calcular; para ello, más concretamente con la ayuda de un registro de mordida, se puede calcular la alineación absoluta del maxilar superior con respecto al maxilar inferior en lo que respecta al menos a un determinado conjunto de datos posicionales. Con ello se pueden calcular también las correspondientes posiciones de la mandíbula con respecto al resto de los conjuntos de datos posicionales. La alineación se puede obtener, por ejemplo, escaneando la superficie del registro de mordida. Los datos de superficie del maxilar superior y del maxilar inferior se conocen ya de las respectivas imágenes digitales del maxilar superior e inferior. A continuación se lleva a cabo un «matching» (emparejamiento): esto significa que se toma el conjunto de datos posicionales en un momento definido y, a continuación, se procede a alinear virtualmente los datos de superficie del registro de mordida con la imagen digital del maxilar inferior y, posteriormente, del registro de la mordida con la imagen digital del maxilar superior. De esta forma se obtiene la alineación entre la imagen digital del maxilar superior y la imagen digital del maxilar inferior. El resto de las alineaciones de las imágenes de ambos maxilares en otros momentos se pueden reproducir «avanzando» a través de la condilografía.

En resumen se puede decir, por lo tanto, que en el procedimiento según la invención se obtienen o crean, por ejemplo, datos tomográficos (imágenes digitales de la mandíbula) del maxilar superior y el maxilar inferior. La posición relativa de ambos maxilares entre sí resulta indiferente a la hora de crear los datos, puesto que solo se trata de los datos de la mandíbula en sí mismos. Aparte se utiliza, por ejemplo, una técnica de condilografía (técnica de registro del movimiento) mediante la cual se calculan los movimientos relativos de la mandíbula. Durante la condilografía se crea al menos una vez un registro de mordida o, de cualquier otra forma, se determina una posición relativa entre el maxilar superior y el maxilar inferior (escaneo de las secciones de superficie en un momento definido). De esta forma se sincronizan espacialmente entre sí los datos tomográficos de ambos maxilares. Por lo tanto, de la técnica de la condilografía se obtiene un valor de datos con respecto al cual se conoce la alineación espacial correcta de las imágenes de ambos maxilares entre sí. Si llegados a este punto se cambia la alineación relativa de las imágenes de ambos maxilares a un conjunto de datos diferente de la condilografía se obtiene aquella alineación relativa de las imágenes digitales de ambos maxilares que corresponde exactamente con la alineación real de la mandíbula real, puesto que este otro conjunto de datos se generó en la persona de prueba real. Este otro conjunto de datos puede ser, por ejemplo, aquel con respecto al cual la condilografía indica una posible patología. Ahora es posible visualizar estas imágenes digitales de la mandíbula en esa supuesta posición patológica y valorarla en consecuencia.

Si se prefiere, durante el escaneo se puede generar de forma alternativa una imagen de la superficie (por ejemplo una fotografía en 3D) del maxilar superior real y del maxilar inferior real en la que el momento de dicha fotografía en 3D corresponda con un momento de la grabación del movimiento. A continuación, con la ayuda, por ejemplo, de un procedimiento la fotografía en 3D se puede unir a las imágenes del maxilar superior e inferior, tal y como se describe en la DE 10 2007 001 684 A1.

Es cierto que la alineación se podría producir por el hecho de que la imagen del maxilar superior y la imagen del maxilar inferior ya se tomaron con la mandíbula en posición de intercuspidad. Sin embargo, la asignación unívoca de las imágenes del maxilar superior e inferior no siempre se puede determinar de forma inequívoca con la ayuda de las cúspides de los dientes interconectadas. Además, el procedimiento según la invención ofrece por el contrario las siguientes ventajas: Gracias a la posibilidad de utilizar imágenes del maxilar superior e imágenes del maxilar inferior, tomadas en una posición «cualquiera» de la mandíbula, se garantiza que dichas imágenes intermaxilares no presentan tensiones o deformaciones que podrían darse al juntar los dientes.

Por un «determinado momento» se entiende, más concretamente, una determinada posición en el gráfico del axiograma o en los conjuntos de datos posicionales de la condilografía.

La invención hace referencia además a un procedimiento para la fabricación de una férula de escaneo, para lo cual se lleva a cabo un procedimiento para la generación de una simulación del tipo descrito anteriormente. Además, con la ayuda de la imagen virtual de la mandíbula se fabrica una férula de escaneo, la cual presenta al menos una superficie de contacto definida del maxilar superior y una superficie de contacto definida del maxilar inferior. La superficie de contacto del maxilar superior y la superficie de contacto del maxilar inferior están alineadas entre sí de tal forma que el maxilar inferior real adopta, en relación con el maxilar superior real, la posición espacial correspondiente al conjunto de datos posicionales elegido, cuando la superficie de contacto del maxilar superior entra en contacto con el maxilar superior y la superficie de contacto del maxilar inferior entra en contacto con el maxilar inferior. Por «maxilar superior» y «maxilar inferior» se entiende en cada caso el maxilar superior e inferior real. Sin embargo, en el marco de la presente invención, por «estar en contacto con un maxilar» se entiende también un contacto indirecto con el maxilar, pudiendo tratarse de un contacto indirecto con un objeto sujeto de forma fija al maxilar, más concretamente un diente. El contacto con un diente corresponde también a un contacto con el maxilar correspondiente. Las superficies de contacto de la mandíbula pueden ser, más concretamente, aquellas superficies que aparecen representadas, al menos por secciones, de forma inversa a las superficies de los dientes. Las

- superficies de contacto de la mandíbula pueden estar unidas a un objeto común, concretamente a la férula de escaneo. La férula de escaneo abarca entonces secciones de superficie geométricas de ambas mandíbulas, alineadas de forma exacta entre sí, como las áreas reales de los maxilares en la posición elegida de la mandíbula. Una férula de este tipo se puede fabricar, por ejemplo, con la ayuda de una fresadora, un procedimiento de estereolitografía o una impresión 3D. Por lo tanto, con la ayuda de las férulas de escaneo se pueden reproducir en todo momento y de forma real posiciones reales de la mandíbula, que con la ayuda de la condilografía se diagnosticaron como anómalas. Con la ayuda de la férulas de escaneo se puede examinar la mandíbula real en la posición correspondiente al conjunto de datos posicionales seleccionado.
- En un paso posterior del procedimiento también se pueden generar datos volumétricos digitales, poniendo para ello la férula de escaneo en contacto con el maxilar inferior y el maxilar superior y, finalmente, sometiendo al maxilar superior y al maxilar inferior a un procedimiento de toma de imágenes tomográficas con la férula de escaneo en posición. Más concretamente, mediante un procedimiento de toma de imágenes tomográficas se puede generar una nueva imagen, teniendo en cuenta que durante la toma de las mismas el maxilar inferior real se mantiene, con respecto al maxilar superior, en la posición correspondiente al conjunto de datos posicionales elegido. Durante el proceso de toma de imágenes el paciente sujeta a la férula de escaneo, de forma que se garantiza que durante el mismo los maxilares se mantienen en la posición deseada. En los pasos anteriores del procedimiento también se determinó en un primer momento qué posición maxilar resulta problemática y debe ser sometida a un análisis posterior y cómo se puede reproducir esa posición maxilar real. A continuación se crea la férula de escaneo con cuya ayuda es posible colocar la mandíbula real en todo momento en la posición problemática, concretamente para llevar a cabo un escaneo específico en la posición problemática, en especial una TVD. La principal ventaja reside en que la férula de escaneo sitúa los maxilares en una posición natural, dado que dicha posición corresponde con un conjunto de datos de la condilografía.
- En comparación con la imagen virtual de la mandíbula representada anteriormente, y gracias a la otra imagen, ahora se pueden visualizar también –o solo– componentes no rígidos de la mandíbula o zonas limítrofes adyacentes, en especial partes flexibles como cartílagos, músculos, etc., de forma exacta en la posición de la mandíbula en cuestión. Gracias a ello se pueden realizar otras afirmaciones acerca de una posible patología que resultarían imposibles de deducir o no se deducirían de forma suficiente a partir de la imagen virtual de la mandíbula basada en los datos de la condilografía. La ventaja reside sobre todo en que esta nueva imagen puede mostrar íntegramente la situación de las posiciones consideradas anómalas en la condilografía. Mediante la relación forzada de los dientes entre sí durante el procedimiento de toma de imágenes tomográficas se pueden diagnosticar especialmente bien las articulaciones temporomandibulares con el disco articular y los tejidos blandos implicados sobre la base de la imagen de la tomografía volumétrica.
- Con el fin de poder examinar de forma precisa una sospecha de diagnóstico sacada de una condilografía en un sistema representado, este procedimiento permite ajustar de forma selectiva la relación posicional de los maxilares entre sí, es decir una determinada posición mandibular. Si en los datos de la condilografía se detectó con anterioridad una anomalía en un momento determinado de la acción de masticar, entonces exactamente esa relación posicional entre maxilar superior e inferior existente en ese momento de la acción de masticar será la que predomine en la imagen del maxilar superior y del maxilar inferior generada ahora. La combinación de axiografía con una técnica de generación de imágenes aporta, por lo tanto, mucha información. Las relaciones posicionales poco antes o poco después de este momento determinado son de gran interés en el diagnóstico diferencial con técnicas de imagen.
- La fusión de los datos de movimiento y de volumen, tal y como se describe anteriormente, permite ahora la elaboración de los datos de la condilografía sobre la base de condiciones anatómicas. Por ejemplo, la representación de la trayectoria de un eje obtenida a partir de la axiografía se puede parametrizar ahora con la ayuda de las condiciones anatómicas. En lugar de obtener el eje y su trayectoria de movimiento únicamente a partir de la cinemática del registro del movimiento, la forma de la cabeza de la articulación temporomandibular –solo visible en la tomografía–, así como la pendiente del cotilo pueden, por ejemplo, influir en la elección del eje y, por lo tanto, en la trayectoria del mismo.
- A partir de cada intervalo de tiempo del registro de movimiento es posible representar el movimiento correspondiente en los datos de la tomografía volumétrica, por ejemplo mediante la reproducción de una animación de los datos móviles de la tomografía volumétrica.
- Lo ventajoso de la fusión de los datos tomográficos y de movimiento es también que permite trazar la trayectoria de movimiento de cada punto del maxilar inferior. Gracias a esta información se pueden conseguir representaciones que muestran la trayectoria de movimiento de determinados puntos para el usuario. En particular, la representación se puede realizar incluso sin la necesidad de reproducir una animación, mostrando las trayectorias de los puntos en el tiempo en forma de trayectoria en el espacio. De esta forma también es posible seleccionar y/o representar de forma preferente puntos anatómicos que presentan unas determinadas características cinemáticas. Por ejemplo es posible resaltar, como elemento seleccionado, puntos en el maxilar inferior que i) se mueven de manera

especialmente rápida, que ii) se mueven de manera uniforme, que iii) aceleran de forma especialmente rápida, que iv) recorren un trayecto especialmente grande o especialmente pequeño o que no se mueven en absoluto. También se pueden calcular puntos en el hueso y/o en los dientes que se comportan de forma simétrica o asimétrica en el lado izquierdo y en el lado derecho de la mandíbula en lo que respecta a los parámetros cinemáticos descritos anteriormente («simetría cinemática/funcional», a diferencia de la simetría morfológica).

Por el contrario, la tomografía se puede utilizar para seleccionar zonas interesantes en la condilografía (que por lo general suele estar compuesta por varias series de imágenes). Por ejemplo, el especialista puede pinchar sobre un diente o sobre un punto en forma de elemento seleccionable del diente, el hueso de la mandíbula o la articulación temporomandibular y hacer que se reproduzcan los periodos de tiempo y las trayectorias de la animación en las que el punto seleccionado supera o se queda por debajo de uno de los parámetros cinemáticos señalados anteriormente. De esta forma, en lo que respecta a un punto en un incisivo inferior se podría seleccionar, por ejemplo, la imagen de la condilografía en la que dicho punto del incisivo acelera de forma más rápida o seleccionar la imagen de la condilografía en la que el punto de dicho diente recorre el trayecto más largo.

Gracias a la fusión de imágenes digitales y datos de movimiento descrita anteriormente, estos últimos también se pueden utilizar según la invención en todas las visualizaciones derivadas de los datos de la tomografía volumétrica. De esta forma se pueden calcular, por ejemplo, proyecciones de los datos de la tomografía volumétrica que corresponden con radiografías cefalométricas en distintas posiciones de la mandíbula sin tener que someter al paciente a más radiaciones ionizantes. Según la invención estas radiografías también se pueden calcular y representar por primera vez en forma de animación individualizada del paciente. Asimismo, ahora en este tipo de radiografías también se puede elegir la dirección de la radiación en función del registro de movimiento realizado. Especialmente ventajosa resulta, por ejemplo, una dirección de radiación que discurre a lo largo de la dirección del eje articulado de las articulaciones temporomandibulares calculada a partir de los datos de movimiento; de esta forma también es posible modificar la dirección de radiación para cualquier momento del registro del movimiento.

Otras imágenes simuladas también se pueden beneficiar de la grabación del movimiento. Por ejemplo, ahora se puede calcular también una panorámica o una animación realizada con imágenes panorámicas a partir de los datos de la tomografía volumétrica, la cual se parametrizará con la ayuda del registro de movimiento. La panorámica se podría calcular y mostrar, por ejemplo, de tal manera que correspondiera, de la forma lo más simétrica posible con el movimiento medido en el lado izquierdo y derecho de la mandíbula. Asimismo también se pueden calcular grabaciones de los dientes y animaciones de los dientes a partir de los datos de la tomografía volumétrica que muestren, por ejemplo, los dientes del maxilar superior e inferior cuando i) no tienen contacto entre sí, ii) se produce el primer contacto, o (iii) se encuentran en la posición de intercuspidadación máxima. Además, en este tipo de proyecciones también se pueden mostrar trayectorias de movimiento de determinados puntos de los dientes y de la mandíbula, por ejemplo, pasando con un periférico de entrada, en particular con un ratón, por encima de un punto de una panorámica.

La invención hace referencia también a una férula de escaneo que se crea mediante un procedimiento del tipo mencionado anteriormente.

La invención se explica con más detalle con la ayuda de las figuras. En ellas se muestra:

- Figuras 1a y 1b una condilografía del maxilar superior e inferior y de la trayectoria del eje resultante.
- Figura 2 el desarrollo de un diagrama de bloques.
- Figuras 3a - 3c la fusión de los movimientos del maxilar superior e inferior y los datos tomográficos.

En la figura 1 aparece representada la condilografía con la ayuda de dos relaciones intermaxilares diferentes en los momentos  $t_1$  y  $t_2$ . El maxilar superior 1 está provisto de un elemento actor 5 unido de forma fija a un elemento de mordida 3 superior. El maxilar inferior 2 está provisto de un elemento sensor 6 unido de forma fija a un elemento de mordida 4 inferior. Por supuesto, el elemento actor y el elemento sensor se pueden colocar indistintamente en el otro maxilar. Mediante los movimientos trasladados de forma fija a los elementos actor y sensor, y gracias al conocimiento de la geometría de los elementos actor y sensor, es posible deducir el movimiento relativo del maxilar superior e inferior con la ayuda de las señales medidas en el elemento sensor 6. Para cada momento  $t_i$  durante la condilografía se puede medir por tanto un séxtuple, que contiene la traslación y rotación de cada punto en el espacio de dicha transformación fija. A partir de dichos datos es posible calcular una trayectoria imaginaria del eje 9 para un movimiento o una parte del movimiento. Con la ayuda de un registro de mordida 8 es posible situar la relación maxilar en el momento  $t_1$  en una relación geométrica definitiva y, de esta forma, trasladarla a cualquier otro momento  $t_i$  utilizando para ello la condilografía. En algunos sistemas y protocolos de imagen los elementos de mordida 3 y 4 están configurados de tal manera que no cubren las superficies oclusales de los dientes. En tales casos es posible registrar el movimiento de los dientes hasta la posición de oclusión total (intercuspidadación).

En la figura 2 se explica el método según la invención en forma de diagrama de bloques. En un primer paso 100 se lleva a cabo una condilografía, la cual es ya conocida según el estado de la técnica y cuyos fundamentos se explican

en la figura 1. De esta forma se obtiene una gran cantidad de conjuntos de datos posicionales para su futura utilización. En el paso 110, y en relación con un momento determinado de la condilografía, se registran secciones de superficie del maxilar superior real y del maxilar inferior real, teniendo siempre en cuenta a lo largo de todo este proceso de escaneo la alineación relativa entre el maxilar inferior y el maxilar superior. Esto se puede realizar, por ejemplo, con la ayuda del registro de mordida 8, tal y como muestra la figura 1a. En este caso, el paciente muerde el registro de mordida, por ejemplo un material de cera blanda, por ejemplo en el momento  $t_1$  en la figura 1, de forma que los dientes estén casi cerrados. El registro de mordida registra las zonas de la superficie tanto del maxilar superior como del maxilar inferior en una situación real de la acción de masticar. Este proceso está documentado en el paso 110 del diagrama de bloques de la figura 2. Sin embargo, de esta forma también queda registrado que dicha muestra se produce justo en el momento  $t_1$ , de forma que la impresión que queda marcada en el registro de mordida 8 se puede relacionar de forma directa con la condilografía tal y como recoge la figura 1. A continuación se escanea y digitaliza el registro de mordida 8.

En el paso 130 tiene lugar la fusión de la condilografía con cualquiera de las imágenes volumétricas digitales del maxilar superior y del maxilar inferior. Para ello se procedió con anterioridad (en el paso 120) a la toma de imágenes digitales del maxilar superior e imágenes digitales del maxilar inferior con la ayuda, por ejemplo, de una técnica tomográfica. De la separación espacial de la rama con las funciones 100 y 110 y de la rama con la función 120 ya se puede deducir que la realización de la condilografía tiene lugar de forma totalmente independiente de la toma de imágenes volumétricas digitales del maxilar superior e inferior según el paso 120 de este método. La ventaja reside en que se pueden utilizar imágenes volumétricas digitales del maxilar superior y del maxilar inferior realizadas en cualquier momento. Para la fusión de las imágenes volumétricas digitales del maxilar superior e inferior, por ejemplo las imágenes tomográficas, con los datos de la condilografía se procede a comparar las zonas de la superficie escaneada del registro de mordida 8, o de otro método de escaneo, con datos de superficie de las imágenes volumétricas digitales del maxilar superior e inferior. En este sentido las imágenes volumétricas digitales del maxilar superior e inferior se alinean entre sí de tal manera que estas llegan a coincidir con las secciones de superficie del registro de mordida escaneado. Para que esto ocurra, si es necesario se puede llevar a cabo una segmentación de los datos volumétricos, lo que define qué parte de los datos volumétricos corresponden o no con el maxilar inferior móvil. De esta forma se produce una alineación de la imagen volumétrica digital del maxilar superior y de la imagen volumétrica del maxilar inferior entre sí de tal manera que la posición de ambas imágenes queda alineada entre sí de forma tan exacta como lo estaban el maxilar superior real y el maxilar inferior real en el momento  $t_1$  cuando se creó el registro de mordida durante la condilografía.

En el paso 140 se selecciona un conjunto de datos posicionales para un análisis en profundidad, por ejemplo, el conjunto de datos posicionales con respecto al momento  $t_2$  cercano a la posición abierta de la mandíbula. Mediante el desplazamiento de la imagen volumétrica digital del maxilar inferior con respecto a la imagen volumétrica digital del maxilar superior en el paso 150 se crea por tanto la imagen virtual de la mandíbula en la que la imagen volumétrica digital del maxilar inferior aparece representada en la posición deseada con respecto a la imagen volumétrica digital del maxilar superior. Esta posición corresponde con la posición real adoptada efectivamente por la mandíbula real durante la condilografía.

Con la ayuda de esta imagen virtual alineada de la mandíbula se pueden llevar a cabo más exploraciones y adoptar medidas adicionales. En esta imagen virtual de la mandíbula se puede, por ejemplo, analizar en detalle la disposición de los elementos articulares de la articulación temporomandibular con el fin de descartar posibles patologías. Para este examen se puede utilizar fundamentalmente y de forma exclusiva la información gráfica obtenida a partir de las imágenes volumétricas digitales del maxilar superior e inferior. En el caso de la tomografía se trata de las estructuras óseas, dado que estas se mueven según una transformación rígida. Sin embargo, no siempre resulta posible determinar de forma directa la posición de las partes blandas implicadas en el movimiento. En caso de que este examen no resultase suficiente, con la ayuda de esta imagen virtual de la mandíbula se podrían tomar otras medidas oportunas.

En concreto, esta imagen virtual de la mandíbula se puede utilizar para la fabricación de una férula de escaneo. Una férula de este tipo es una férula real que se coloca entre el maxilar superior real y el maxilar inferior real y, de esta forma, sitúa el maxilar superior real en una alineación definida con respecto al maxilar inferior real y mantenerlos de esta forma en una alineación determinada. Para ello se pueden extraer datos de superficie de la imagen virtual de la mandíbula y, a partir de ahí, generar –en un principio de forma virtual– una superficie para la férula de escaneo. En esta férula de escaneo virtual se generan por tanto superficies de apoyo para los dientes u otras partes de la mandíbula, teniendo siempre en cuenta por supuesto la alineación relativa deseada de los maxilares entre sí. Mediante procedimientos de fresado, prototipado rápido o métodos similares para la fabricación de objetos reales se puede fabricar esta férula de escaneo creada virtualmente. Una vez que el paciente se coloca esta férula de escaneo, este adopta la posición maxilar real que corresponde con la posición mandibular reflejada en la imagen virtual de la mandíbula. Con la ayuda de esta posición mandibular real se pueden llevar a cabo otros exámenes. En concreto se puede llevar a cabo otro procedimiento de toma de imágenes para la generación de una nueva imagen volumétrica, por ejemplo, un método de tomografía, en el que las articulaciones u otras partes de la mandíbula del paciente que se desean examinar se graban o registran en la posición exacta que el especialista desea analizar. En

este tipo de procedimiento se pueden registrar también (o solo) elementos como, por ejemplo, músculos, cartílagos, tendones, que son flexibles y que por este motivo no se podían mostrar de forma exacta en la simulación anterior. La generación virtual de la férula de escaneo aparece representada en el paso 160. La fabricación real de la férula de escaneo se visualiza en el paso 170. En el paso 180 se lleva a cabo la tomografía en la que el paciente debe llevar la férula de escaneo.

5

En la figura 3a se muestra la fusión de los datos de la condilografía con las imágenes volumétricas digitales del maxilar superior e inferior en el momento  $t_1$ . Las líneas gruesas resumen las zonas anatómicas óseas del maxilar inferior que se mueven conjuntamente como un objeto rígido 30 durante la acción de masticar. Mediante esta unión rígida ahora se pueden trasladar también los movimientos medidos en los dientes y recogidos en la condilografía a las zonas óseas de la anatomía visible en la tomografía. En concreto, para la representación se puede elegir un nuevo punto del eje, junto con la trayectoria 31, que tenga en cuenta dicha anatomía. En concreto la elección de este punto del eje «anatómico» también se puede realizar en función de la geometría del acetábulo 32 o de otras estructura anatómicas.

10

15

En la figura 3b se muestra la situación en el momento  $t_2$ . Mediante la unión rígida de dientes y hueso en el maxilar inferior ahora se pueden trasladar también los movimientos medidos en la condilografía a anatomía ósea 30 mostrada en la tomografía. De esta forma, la partes óseas del maxilar inferior 30 de la tomografía generada en el momento  $t_1$  se pueden desplazar como si la tomografía se hubiera realizado en la relación maxilar del momento  $t_2$ .

20

En la figura 3c se muestra a modo de ejemplo un elemento de tejido blando 34 (disco), cuya posición y forma no se puede calcular únicamente empleando una transformación rígida. Sin embargo, ahora gracias al uso de una férula de escaneo 33 según la invención se puede generar (otra) tomografía capaz de mostrar la posición y la forma exactas del elemento de tejido blando 34.

25

30

35

40

45

50

55

60

REIVINDICACIONES

1. Método para la generación de una imagen volumétrica virtual de la mandíbula que incluye la disposición de los elementos articulares de la articulación temporomandibular, teniendo en cuenta que una imagen volumétrica digital del maxilar inferior se puede mostrar en distintas posiciones con respecto a una imagen volumétrica digital del maxilar superior. Dicho método se divide en los siguientes pasos:

realización (100) de un proceso de registro del movimiento, más concretamente una técnica de condilografía, para la obtención de un registro de movimiento, más concretamente una condilografía, en la que se genera una gran cantidad de conjuntos de datos posicionales  $((t_1, x_1, y_1, z_1, r_{x1}, r_{y1}, r_{z1}), (t_2, x_2, y_2, z_2, r_{x2}, r_{y2}, r_{z2}), \dots)$  a lo largo de un periodo de tiempo definido y en la que un conjunto de datos posicionales describe una posición espacial real de un maxilar inferior en relación con un maxilar superior en un momento determinado; escaneo (110) de secciones de superficie del maxilar superior real y del maxilar inferior real en un momento determinado durante el proceso de registro del movimiento, más concretamente mediante un registro de mordida, con el objetivo de obtener una relación espacial de las secciones de la superficie durante el momento determinado; asignación (130) de al menos un conjunto de datos posicionales a una posición virtual de la imagen digital del maxilar inferior en relación con la imagen digital del maxilar superior, más concretamente con la ayuda de un registro de mordida digitalizado; selección (140) de un conjunto de datos posicional, y alineación virtual (150) de la imagen digital del maxilar inferior en relación con la imagen digital del maxilar superior de conformidad con el conjunto de datos posicionales elegido, generando así la imagen virtual de la mandíbula en la que la alineación virtual corresponde con una posición real del maxilar inferior en relación con el maxilar superior de conformidad con el conjunto de datos posicionales elegido, de forma que la articulación temporomandibular se muestra en una posición real que se puede valorar.

2. Método según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la imagen digital del maxilar superior y la imagen digital del maxilar inferior se generan en una posición cualquiera con la ayuda de un procedimiento de generación de imágenes (120).

3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para la selección del conjunto de datos posicionales se elige un momento en el registro del movimiento y el conjunto de datos posicionales se identifica con la ayuda del momento elegido.

4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se define y se selecciona un elemento de la imagen digital del maxilar superior o inferior y, a continuación, se muestra una trayectoria de movimiento del elemento seleccionado según el registro del movimiento.

5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la trayectoria del movimiento de los elementos de la imagen digital del maxilar superior o inferior se evalúa estadísticamente durante el desarrollo del movimiento de conformidad con el registro de movimiento.

6. Método para la generación de una férula de escaneo, teniendo en cuenta que en primer lugar se lleva a cabo un procedimiento para la generación de una imagen virtual de la mandíbula según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** con ayuda de la imagen virtual de la mandíbula se fabrica una férula de escaneo, la cual presenta al menos una superficie de contacto definida del maxilar superior y una superficie de contacto definida del maxilar inferior, teniendo en cuenta que la superficie de contacto del maxilar superior y la superficie de contacto del maxilar inferior están alineadas entre sí de tal forma que el maxilar inferior real adopta, en relación con el maxilar superior real, la posición espacial correspondiente al conjunto de datos posicionales elegido, cuando la superficie de contacto del maxilar superior entra en contacto con el maxilar superior y la superficie de contacto del maxilar inferior entra en contacto con el maxilar inferior.

7. Método para generar una imagen digital **caracterizado porque** una férula de escaneo, fabricada según la reivindicación anterior, se pone en contacto con el maxilar inferior real y con el maxilar superior real, tras lo cual el maxilar superior real y el maxilar inferior real, ambos con la férula de escaneo en posición, son sometidos a un procedimiento de toma de imágenes, concretamente un procedimiento tomográfico, y porque mediante dicho procedimiento de toma de imágenes se genera una imagen en la que se muestran las partes del cuerpo, más concretamente la zona mandibular, de conformidad con el conjunto de datos posicionales elegido.

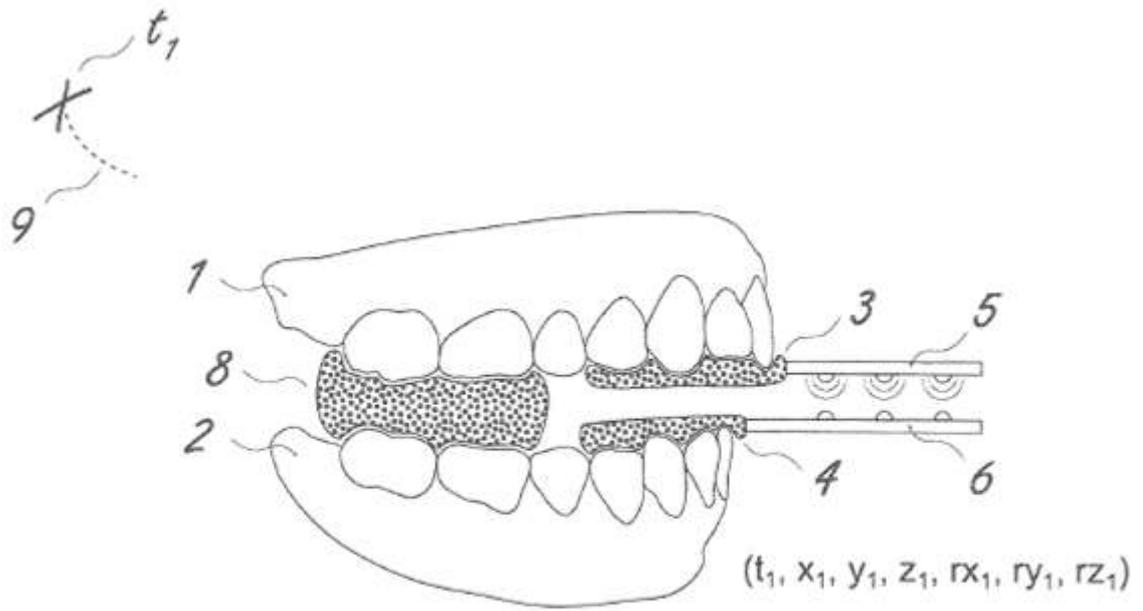


Figura 1a

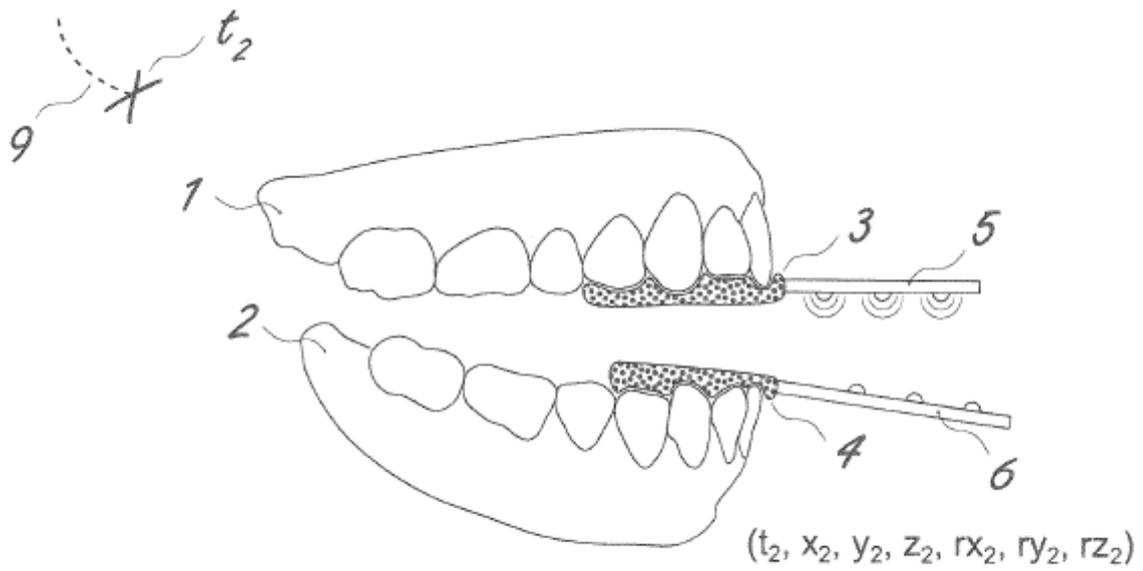
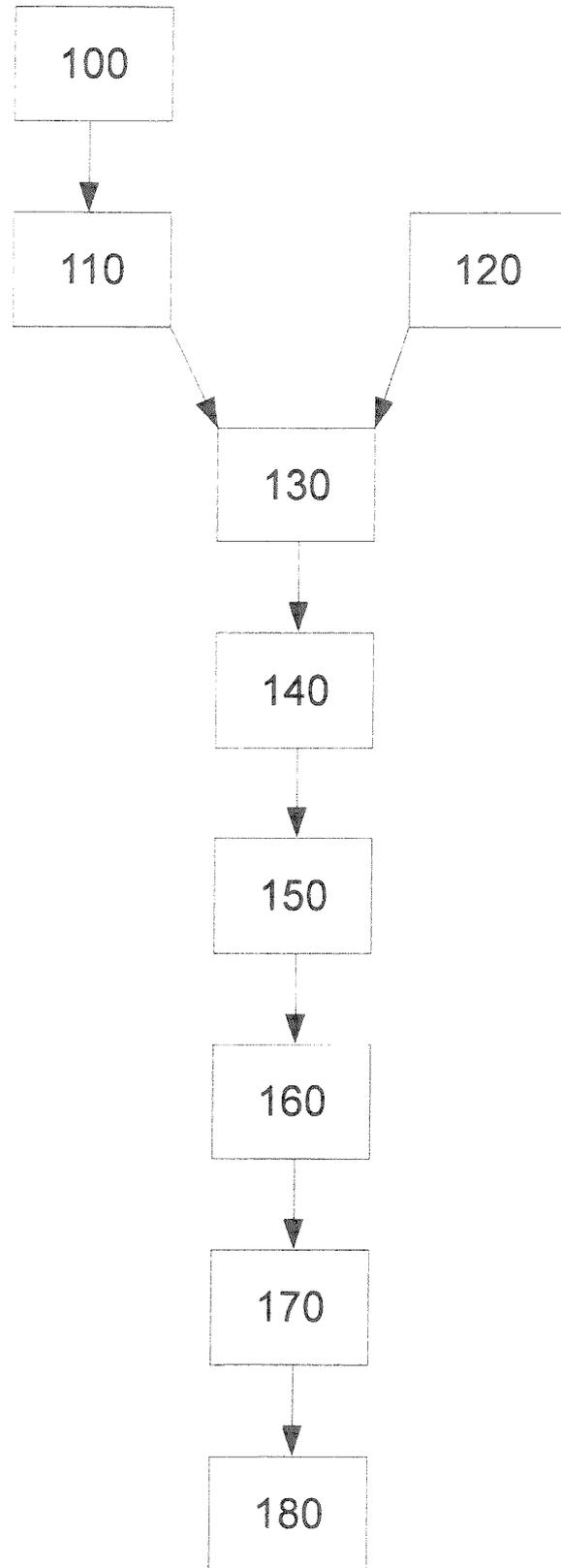
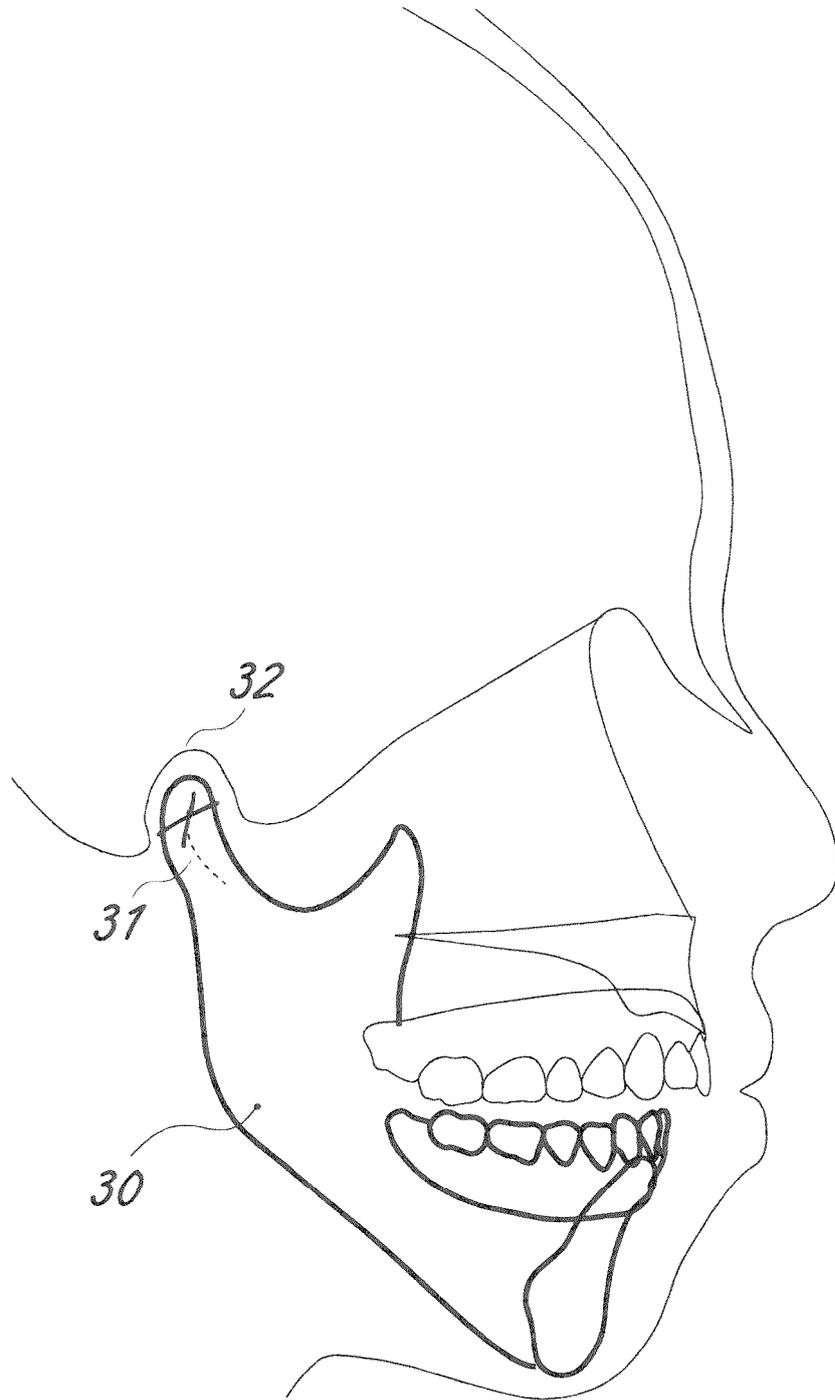


Figura 1b

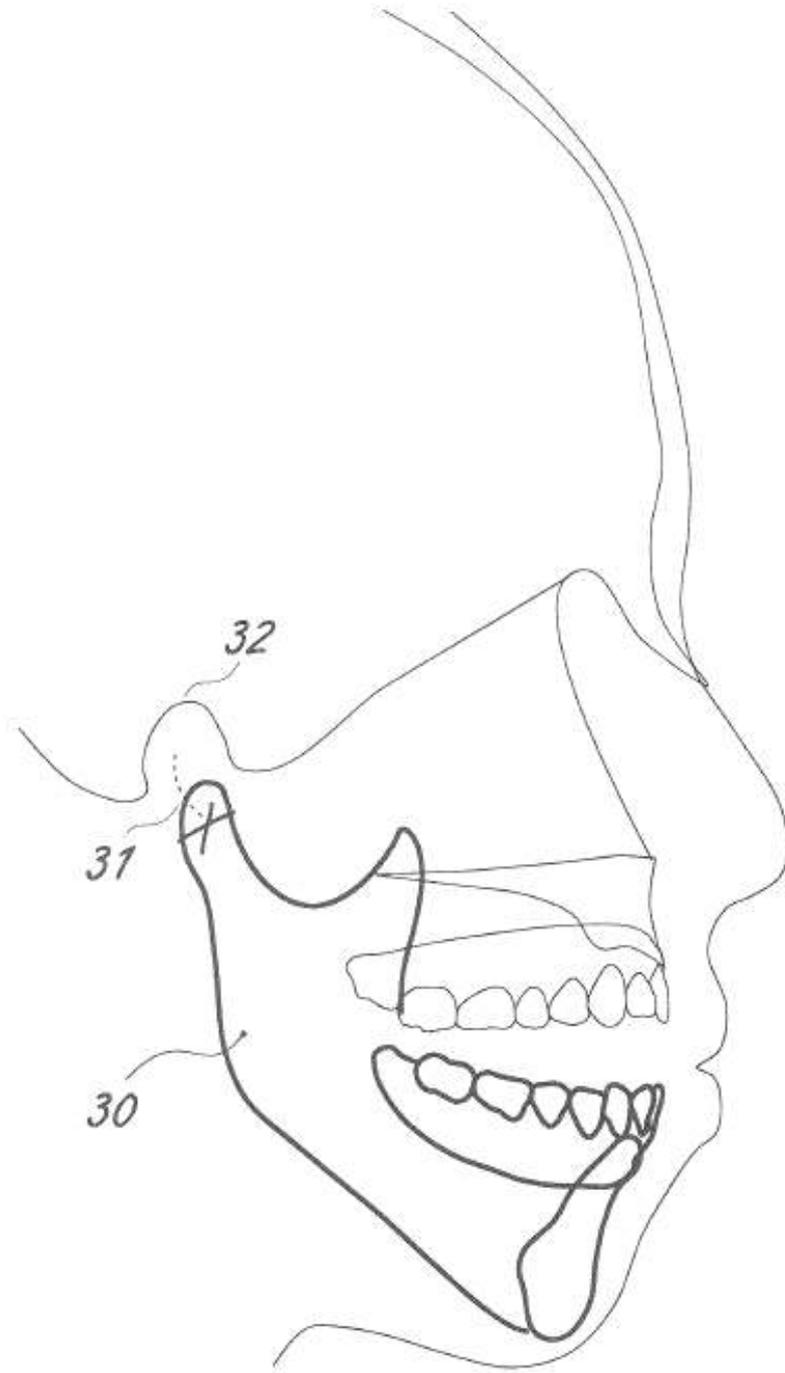


**Figura 2**



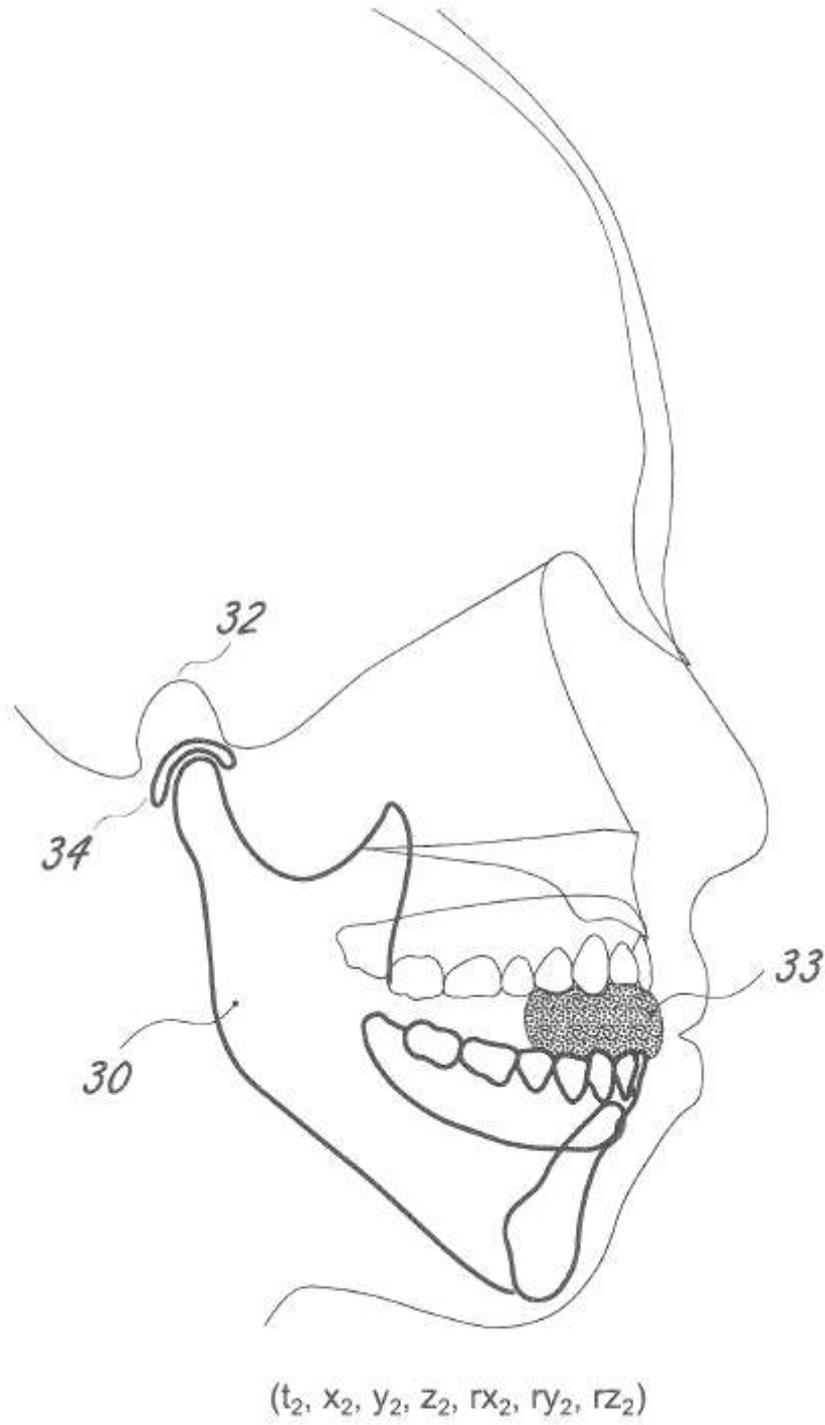
$(t_1, x_1, y_1, z_1, rx_1, ry_1, rz_1)$

**Figura 3a**



$(t_2, x_2, y_2, z_2, \Gamma x_2, \Gamma y_2, \Gamma z_2)$

**Figura 3b**



**Figura 3c**