

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 447**

51 Int. Cl.:

A61C 13/00 (2006.01)

A61C 9/00 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 17/00 (2006.01)

G06T 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2008 PCT/EP2008/003072**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.10.2008 WO08128700**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2008 E 08748953 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018 EP 2134290**

54 Título: **Creación asistida por ordenador de una preparación de diente habitual usando análisis facial**

30 Prioridad:

18.04.2007 GB 0707454

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

21.06.2019

73 Titular/es:

**DENTSPLY IMPLANTS NV (100.0%)
Research Campus 10
3500 Hasselt, BE**

72 Inventor/es:

**MALFLIET, KATJA;
PATTIJN, VEERLE;
VAN LIERDE, CARL y
VANCRAEN, WILFRIED**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 717 447 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

Creación asistida por ordenador de una preparación de diente habitual usando análisis facial

Campo de la invención

5 Esta invención está relacionada generalmente con el campo de tecnología informática usada para la planificación de tratamientos dentales y con herramientas de software informático para planificar una preparación (set-up) optimizada de diente (y tejido blando) para un paciente así como con sistemas y métodos para planificar una preparación optimizada de diente (y tejido blando) para un paciente.

Antecedentes de la invención

10 Para tratamiento ortodóntico o dental, para analizar, diagnosticar y documentar una condición del paciente comúnmente se usa una o más modalidades de obtención de imágenes tales como ortopantomografías (rayos X dentales), escaneos de tomografía computarizada (TC) o fotografías digitales. Recientemente, la información digital de paciente también ha encontrado su camino en la fase de planificación del tratamiento. Existen varias soluciones de software para simular la colocación de implante dental en imágenes médicas (TC) (SimPlant™, Materialise Bélgica), el tratamiento ortodóntico se puede simular usando información digitalizada de la dentición del paciente (OrthoCAD, Cadent, EE. UU.; Invisalign, Alignr Technologies, EE. UU.) y se pueden planificar reconstrucciones maxilofaciales en un entorno virtual (SimPlant CMF, Materialise, Bélgica). Si bien estas soluciones proporcionan herramientas potentes para que el clínico intente diferentes alternativas en un nivel funcional, las implicaciones de estas alternativas en un nivel estético generalmente están lejos de ser claras o en algunos casos son ignoradas completamente cuando se elige el planteamiento clínico.

20 Los documentos WO2004/098378 y WO2004/098379 describen un puesto de trabajo para crear un modelo tridimensional virtual de un paciente usando varias fuentes de obtención de imágenes, tales como un escaneo por TC, rayos X y fotografías. Las herramientas de software permiten a un usuario entrenado manipular el modelo para simular cambios en la posición de los dientes, tal como a través de tratamiento ortodóntico. Las herramientas descritas en estos documentos se pueden usar para planificar tratamiento, y puede presentar una simulación de los resultados del tratamiento a un paciente. Sin embargo, como estas herramientas dan al usuario un grado de libertad considerable en la planificación de tratamientos, con muchas decisiones que tiene que tomar el usuario, todavía requieren que un usuario experimentado planifique el tratamiento.

25 Por consiguiente, la presente invención busca proporcionar una manera mejorada de planificar tratamientos dentales para un paciente. El documento WO2006000063 describe un método para realizar un análisis cefalométrico o antropométrico que comprende las etapas de:

- adquirir un escaneo 3D de la cabeza de una persona usando una modalidad de imagen médica 3D,
- generar un modelo de superficie 3D usando datos del escaneo 3D,
- generar a partir del escaneo 3D al menos un cefalograma 2D vinculado geoméricamente al modelo de superficie 3D,
- 35 - indicar puntos de referencia anatómicos en el al menos un cefalograma 2D y/o en el modelo de superficie 3D,
- realizar el análisis usando los puntos de referencia anatómicos.

40 El documento WO2004098378 describe un sistema integrado en el que se combinan datos de imagen digital de un paciente, obtenidos de una variedad de fuentes de imagen, que incluye escáner de TC, rayos X, escáneres 2D o 3D y fotografías a color, en un sistema de coordenadas común para crear un modelo virtual tridimensional de paciente. Se proporcionan herramientas de software para manipular el modelo virtual de paciente a cambios de simulación en posición u orientación de estructuras craneofaciales (p. ej., mandíbula o dientes) y simular su efecto en la apariencia del paciente. La simulación (que pueden ser simulaciones puras o pueden ser las denominadas simulaciones tipo "morphing" (transformación)) permite un planteamiento completo para planificar tratamiento para el paciente. En una realización, el tratamiento puede abarcar tratamiento ortodóntico. De manera similar, se pueden crear planes de tratamiento quirúrgico. Se extraen datos del modelo virtual de paciente o de simulaciones del mismo a los efectos de fabricar dispositivos terapéuticos personalizados para cualquier componente de las estructuras craneofaciales, p. ej., aparatos ortodónticos.

Compendio de la invención

50 Un objeto de la presente invención es proporcionar métodos y sistemas basados en ordenador para la planificación de tratamientos dentales y herramientas de software informático para planificar una preparación optimizada de diente (y tejido blando) para un paciente.

Un primer aspecto de la presente invención proporciona un método para planificación automática, o semiautomática, de tratamiento dental para un paciente según la reivindicación 1.

5 Con el propósito de esta solicitud el término 'tratamiento dental' incluye, aunque sin limitarse a esto, reconstrucciones protésicas en dientes naturales (corona y puente, carillas), prótesis sueltas, reconstrucciones protésicas soportadas por implantes, correcciones del tejido blando (es decir, las encías del paciente, mucosa y gingival) y tratamientos ortodónticos, es decir, tratamientos para corregir la posición de los dientes. La invención reconoce que el tratamiento dental necesita ser planificado en el contexto de la cara de un paciente, para proporcionar un resultado que sea estéticamente agradable así como que sea clínicamente correcto. La invención también proporciona una herramienta según la reivindicación 16 para lograr esto, al realizar un análisis asistido por ordenador de características faciales, y el uso de reglas almacenadas para crear una preparación óptima de dientes y tejido blando. Esto simplifica enormemente el proceso de crear la preparación modificada de dientes y tejido blando.

10 Preferiblemente, el método comprende además generar una representación tridimensional que simula la apariencia de al menos el área de tratamiento con la preparación modificada de diente. La representación tridimensional preferiblemente también simula la apariencia de la cara de un paciente que rodea el área de tratamiento. Esto permite a un paciente ver, por adelantado del tratamiento, los efectos postratamiento de la preparación modificada de dientes y tejido blando. Preferiblemente, la representación tridimensional es tan realista como sea posible mediante el uso de color y textura en dientes protésicos usados en la preparación modificada. El efecto de la preparación modificada de diente en rasgos faciales circundantes (p. ej. labios) también se puede mostrar usando la representación tridimensional. Esto permitirá a un paciente valorar el resultado estético del tratamiento dental ya sea posterior o, más idealmente, antes de la selección del tipo de tratamiento clínico.

20 Por ejemplo, a un paciente se le puede ofrecer la opción de un tratamiento con implantes dentales, un tratamiento usando corona y puente y un tratamiento usando una prótesis suelta y cada una de estas opciones de tratamiento se puede visualizar. Este tipo de planteamiento es sumamente ventajoso para el paciente, que en una fase temprana está más implicado en el proceso de toma de decisiones y está mejor informado acerca las implicaciones estéticas de las diferentes alternativas (p. ej. fresado de dientes frente a colocación de implante para permitir anclar un puente; pulido lateral de los dientes frente a extracción de diente para resolver el agolpamiento a lo largo del arco dental etc.).

25 La funcionalidad de esta invención se puede implementar en software, hardware o una combinación de estos. La invención se puede implementar por medio de hardware que comprende varios elementos distintos, y por medio de un procesador programado adecuadamente. Por consiguiente, otro aspecto de la invención proporciona software que comprende instrucciones (código) que, cuando son ejecutadas por un ordenador o procesador, implementa el método. El software puede ser incorporado tangiblemente en un dispositivo de memoria electrónica, duro disco, disco óptico o cualquier otro medio de almacenamiento legible por máquina o puede ser descargado al ordenador o procesador por medio de una conexión de red.

30 Un aspecto adicional de la invención proporciona aparatos para realizar el método.

Breve descripción de los dibujos

35 Se describirán realizaciones de la invención, a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra esquemáticamente un puesto de trabajo para implementar la presente invención;

la figura 2 muestra un diagrama de flujo de un método según una realización de la presente invención;

la figura 3 muestra una manera de alinear una fotografía 3D y moldes de yeso digitalizados usando un arco facial;

40 la figura 4 muestra un ejemplo de una regla estética en la que la anchura de incisivos maxilares debe ser igual a la anchura de la base de nariz;

la figura 5 muestra un ejemplo de una regla estética en la que la distancia entre ceja y base de nariz debe ser igual a la distancia entre base de nariz y parte superior del mentón durante la oclusión;

la figura 6 muestra un ejemplo de una regla estética en la que el plano oclusal de la línea que conecta las cúspides de los caninos maxilares debe estar paralelo a la línea interpupilar;

45 la figura 7 muestra pasillos bucales al sonreír;

la figura 8 muestra un ejemplo de una relación molar de clase 1;

las figuras 9A-9C muestran un ejemplo de modificación de las propiedades funcionales de un diente protésico;

la figura 10 muestra la reconstrucción de dientes que faltan por medio de dientes de biblioteca;

50 la figura 11 muestra la aplicación de textura a dientes de biblioteca para dar una representación realista de los dientes reconstruidos;

la figura 12 muestra una vista alternativa de dientes reconstruidos.

Descripción de realizaciones preferidas

La presente invención se describirá con respecto a realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos, pero la invención no se limita a los mismos sino únicamente a las reivindicaciones. Los dibujos descritos únicamente son esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede exagerarse y no dibujarse a escala para fines ilustrativos. Cuando en la presente descripción y las reivindicaciones se usa el término "que comprende", no excluye otros elementos o etapas. Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones, se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Se tiene que entender que los términos usados así son intercambiables en circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas en esta memoria pueden funcionar en otras secuencias que las descritas o ilustradas en esta memoria.

La figura 1 muestra esquemáticamente un sistema para implementar una realización de la presente invención. El sistema puede tomar la forma de un puesto de trabajo informático 20, tal como un PC de uso general, que tiene un procesador 22 y memoria/almacenamiento 24 y una pantalla 10. Software 25 para implementar la invención se almacena en memoria 24 y es ejecutado por el procesador 22. Un usuario puede interactuar con el puesto de trabajo usando un teclado 21, ratón 23 u otro dispositivo de entrada tal como una tableta gráfica o un puntero electrónico. El puesto de trabajo 20 recibe entradas de una variedad de fuentes de obtención de imágenes, tales como un escáner de tomografía computarizada (TC) 31, una máquina de rayos X dentales 32, una cámara digital 33 y un escáner óptico 34. Cada una de las fuentes de obtención de imágenes 31-34 puede ser manipulada por un usuario para adquirir los datos de imagen, y entonces enviar estos datos al puesto de trabajo. Como alternativa, una o más de las fuentes de obtención de imágenes 31-34 pueden estar bajo el control del puesto de trabajo 20, con el puesto de trabajo 20 controlando automáticamente el funcionamiento de esas fuentes de obtención de imágenes para adquirir los datos de imagen. Como ejemplo, el puesto de trabajo 20 puede controlar la cámara digital 33 para adquirir una ilustración de cada una de tres vistas predeterminadas con respecto al paciente. Los datos de imagen adquiridos 30 de cada fuente de obtención de imágenes se pueden almacenar en forma sin procesar en la que se adquiere, o se puede procesar para convertirla en una forma en la que se puede combinar más fácilmente con datos de imagen de otras fuentes. Estos datos (en formato sin procesar o procesado) se pueden almacenar 35 dentro del puesto de trabajo 20, o externamente del puesto de trabajo, tal como en un dispositivo de almacenamiento externo o servidor que está en red con el puesto de trabajo 20. Otros datos 37 acerca de un paciente, tales como su historia médica, también se pueden almacenar 35.

Los datos de imagen 30 que han sido adquiridos de las fuentes de obtención de imágenes 31-34 se usan para generar un modelo tridimensional virtual 56 que es una representación realista de al menos el área del cuerpo humano a tratar. Típicamente, esta área será la mandíbula del paciente, dientes (si quedan) y tejido blando que rodea estas piezas, tales como las encías, labios y piel en la superficie exterior de la cara. La extensión del modelo 3D se puede restringir justo al área a tratar y el tejido blando inmediatamente que rodea esta área o se puede extender a la cara y la cabeza enteras del usuario.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo que esboza las etapas principales de un método para planificar un tratamiento según una realización de la invención. Cada una de las etapas se describirá en detalle.

Adquisición de datos de imagen (etapas 60, 61, figura 2)

Según una realización de la presente invención, el modelo 3D se crea haciendo mediciones 3D del área a tratar y convirtiendo los datos de medición a un modelo digital sólido o de superficie (por ejemplo, en formato estándar de lenguaje triangulado [.stl]). Después, sobre este modelo se mapean imágenes de fotografías digitales 2D o 3D, o de fotografías impresas escaneadas, de la misma área. Una fotografía 3D es tomada por un dispositivo óptico que permite capturar la geometría/forma 3D del objeto así como su textura (y opcionalmente el color). En general el dispositivo comprende un escáner láser para medir la geometría/forma 3D y una cámara para obtener imágenes de la textura. Tanto la descripción de geometría 3D como la textura se combinan entonces en una imagen 3D. Una fotografía 3D puede ser tomada por una cámara fija o por una cámara en movimiento. En el último caso se crea una fotografía 3D que muestra todos los lados (lado delantero, izquierdo, posterior y derecho) del objeto.

La medición 3D se puede realizar directa o indirectamente en el área a tratar. Una medición directa puede tomar la forma de un escaneo por TC del paciente, o un escaneo óptico de la cabeza de un paciente. Un escaneo por TC da detalle acerca de tejido blando y hueso en un sistema de coordenadas 3D, al proporcionar una pila de imágenes 2D. Sobre la base de estas imágenes 2D, se puede reconstruir un modelo 3D del hueso o la cara. Un escaneo óptico de la cabeza del paciente puede dar información acerca de la forma exterior y rasgos superficiales de la cara y la cabeza. Adicionalmente, se puede usar un pequeño escáner óptico para escanear la región intraoral.

Una medición indirecta puede tomar la forma de un escaneo óptico de una réplica física del área a tratar, tal como un molde de yeso fabricado a partir de una impresión que ha sido tomada del área a tratar. Técnicas de medición pueden incluir, aunque sin quedar limitadas a ellas, escaneo sin contacto usando: láser, luz blanca o algo semejante; escaneo táctil usando una sonda de medición; y escaneo volumétrico tal como TC, IRM, μ TC, etc. El término 'TC' tal como se usa aquí se refiere a escáneres médicos de TC donde el objeto permanece fijo y la fuente y el detector giran alrededor del objeto, y resulta en imágenes con tamaño de pixel de aproximadamente 0,25 mm o más. El término ' μ TC' se refiere

a escáneres no médicos de TC donde típicamente el objeto gira y la fuente y el detector están fijos, y resulta en imágenes con un tamaño de píxel típico de 10 a 20 veces más pequeños que el logrado con un escaneo por TC. μ TC generalmente resulta en imágenes más precisas y también puede visualizar con precisión detalles mucho más pequeños.

5 La conversión de los datos de medición en un modelo digital implicará, dependiendo de la técnica de medición aplicada, una serie de técnicas de procesamiento de datos comúnmente conocidas tales como segmentación de imagen y malla de nube de puntos. Datos derivados de diferentes fuentes de obtención de imágenes (p. ej. TC, escaneo óptico...) tienen que ser combinados en un único modelo. Inicialmente, se construye un modelo separado de cada fuente de datos de imagen (p. ej. un modelo para datos de escaneo por TC, un modelo para datos de escaneo
10 óptico) y el conjunto de modelos individuales se combina entonces en un único modelo. Para combinar los modelos se puede usar una de varias técnicas conocidas:

- los modelos 3D se pueden alinear unos sobre otros trasladando y/o rotando manualmente uno de los modelos 3D con respecto a otro. Los modelos se exponen en la pantalla 10 del puesto de trabajo 20 y un operador manipula los modelos.

15 - los modelos 3D se alinean unos sobre otros indicando puntos correspondientes sobre ambos modelos 3D y aplicando un algoritmo de alineamiento de N-puntos. Después es posible una optimización automática del alineamiento usando un programa de optimización de alineamiento tal como un algoritmo de alineamiento por mínimos cuadrados.

- los modelos 3D se alinean unos sobre otros usando un algoritmo de alineamiento totalmente automático basado en reconocimiento de rasgos. Por ejemplo, el alineamiento se puede hacer mediante una técnica de nube-de-puntos o se
20 puede hacer identificando automáticamente rasgos comunes en las imágenes.

Tales técnicas se describen, por ejemplo, en: "A method for registration of 3-d shapes", de P.J. Besl y N.D. McKay, IEEE Trans. Pat. Anal. And Mach. Intel 14(2), págs. 239-256, feb. 1992; "Robust generalized total least squares iterative closest point registration", de R. San-Jose, A. Brun y C.-F. Westin, en C. Barillot, D.R. Haynor, y P.Hellier (Eds.): MICCAI 2004, LNCS 3216, págs. 234-241, 2004; "Least squares 3D surface and curve matching", A. Gruen y
25 D. Akca, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 59(3), págs. 151-174, mayo de 2005.

Se pueden escalar fotografías (2D o 3D) a una dimensión requerida usando una de varias técnicas:

- en el campo de visión de la cámara se puede añadir una pieza de calibración, es decir, una pieza con dimensiones geométricas conocidas exactamente, mientras se toman imágenes fotográficas del paciente. Esto permite un escalado exacto de las fotografías después

30 - se pueden realizar mediciones en fotografías y modelos 3D usando distancias de referencia anatómica (p. ej. distancia interpupilar...) para determinar el factor de escala para las fotografías.

- El escalado se puede hacer automáticamente detectando automáticamente rasgos o puntos de referencia en las imágenes y escalando estos para que coincidan entre sí.

35 Para mapear las fotografías 2D o 3D sobre el modelo digital se puede usar una de varias técnicas cuando fotografías y modelos digitales contienen superficies idénticas (p. ej. dientes visibles en fotografía, cutis...):

- Alineamiento manual: La fotografía se alinea con el área de tratamiento digitalizada. La fotografía se puede escalar y trasladar. La representación 3D del área de tratamiento se puede rotar. El usuario rota la representación para adaptar su orientación para que coincida con el ángulo bajo el que se ha hecho la fotografía. Se ajusta el tamaño de la fotografía y se traslada la imagen hasta que se alinea con la vista en la representación 3D. Las etapas se repiten para afinar el
40 alineamiento.

- Alineamiento semiautomático: El usuario rota la representación para adaptar su orientación para que coincida con el ángulo bajo el que se ha tomado la fotografía. Fotografía y representación 3D se muestran lado junto a lado. Se indican puntos de referencia en ambos para marcar rasgos correspondientes. Se realiza un mapeo final mediante: un algoritmo de mínimos cuadrados/alineamiento de n-puntos/alineamiento ICP (Iterative Closest Point, punto más cercano iterativo), que encontrarán la transformación óptima necesaria para alinear ambos conjuntos de puntos; o por una coincidencia exacta en la ubicación de los puntos de referencia y deformaciones mínimas entremedio, usando un planteamiento de optimización RBF (radial base functions, funciones de base radial).

- Alineamiento automático: Alineamiento aplicando reconocimiento de rasgos.

50 En un caso donde no hay disponibles superficies idénticas (p. ej. mapeo de fotografía 2D o 3D de paciente desdentado sobre modelos 3D digitalizados de los moldes de yeso maxilares y mandibulares) no se pueden usar las técnicas de alineamiento mencionadas anteriormente. En estos casos un planteamiento preferencial hace uso de mediciones de arco facial para mapear los diferentes conjuntos de datos. Haciendo referencia a la figura 3, un arco facial es un dispositivo mecánico usado en odontología para grabar las relaciones posicionales del arco maxilar con las articulaciones temporomandibulares, y para orientar moldes dentales en esta misma relación con el eje de apertura

del articulador mecánico. Un arco facial consiste en dos piezas de metal conectadas juntas. La primera pieza 3, llamado la horquilla de mordida, es en forma de herradura y se inserta en la boca del paciente y es pinzada entre la mandíbula superior y la inferior. La segunda pieza comprende dos elementos curvados 1, 9. Los extremos 8 del primer elemento curvado 1 se posicionan en los canales auditivos del paciente. El segundo elemento curvado 9 forma una guía nasal que se pone en contacto con la nariz del paciente. La horquilla de mordida 3 se fija al segundo elemento curvado 9. La posición actual de todas las piezas del arco facial se mantiene y entonces se usa para transferir el molde de yeso al correspondiente articulador mecánico. Esto implica que el arco facial usado para transferir la oclusión desde la boca del paciente al articulador mecánico se crea y posiciona virtualmente sobre la fotografía 3D del paciente (la figura 3). El alineamiento de mordida 3 también se digitaliza y usa para alinear los modelos digitales 3D de las mandíbulas del paciente en el mismo sistema de coordenadas que la fotografía 3D. En caso de fotografías 2D, no se puede usar un arco facial virtual y un método preferencial en este caso es usar los valores predeterminados (que los usados en un articulador mecánico) para posicionar los modelos 3D de las mandíbulas del paciente en relación correcta al eje intercondilar, que se puede definir sobre la fotografía 2D de la cara del paciente.

Como alternativa al método descrito anteriormente, se puede construir un modelo tridimensional del área a tratar directamente a partir de una secuencia de vídeo 2D, tal como haciendo coincidir objetos y rasgos que aparecen en imágenes que han sido adquiridas desde puntos de vista diferentes. Como los datos de vídeo contienen inherentemente información que se puede relacionar como más de meras coordenadas espaciales de los puntos capturados, sino también con color, textura, etc. se puede hacer que la reconstrucción calculada refleje cada una de estas cualidades, logrando de ese modo un modelo realista.

El modelo 3D compuesto creado en la etapa 61 debe incluir preferiblemente la cara del paciente para permitir que el análisis facial se base en el modelo. El modelo 3D usado para planificar una preparación modificada de diente no tiene que ser realista, pero esta información es útil para que el usuario y el paciente visualicen los efectos del tratamiento y se puede producir en la fase final 66 del método cuando una representación virtual de la preparación de diente tras el tratamiento se expone a un usuario y un paciente.

Análisis facial (etapas 62, 63, figura 2)

Según una realización de la invención se analiza el modelo 3D del paciente, que ha sido creado de una de las maneras descritas anteriormente, para determinar información acerca de la apariencia estética de la cara y/o del área a tratar. Este análisis puede ser totalmente automático o semiautomático. En un análisis semiautomático, el programa informático insta al usuario a indicar ciertos puntos anatómicos y/o líneas en la cara del paciente, que se necesitan para el análisis facial. El usuario marca estos puntos en la representación gráfica de la cara usando una herramienta de entrada tal como ratón 23, teclado 21, tableta gráfica, puntero electrónico, etc. El programa realiza entonces análisis facial basado en mediciones entre estos puntos marcados y crea o modifica automáticamente la preparación de diente como se describe más adelante. La siguiente tabla, y las figuras 4-6, muestran algunos puntos anatómicos de ejemplo que el programa puede instar a que un usuario marque. Incluso en la realización semiautomática, el programa se puede disponer para determinar automáticamente algunos de los rasgos faciales sin instar al usuario y ni entradas tales como, por ejemplo, la forma global de la cara de un paciente (regla A) y la línea interpupilar (regla D).

Un conjunto de reglas estéticas generales usa los resultados del análisis facial para crear una configuración dental estéticamente óptima o preparación de diente, sobre la base de las características particulares de la cara del paciente. La siguiente tabla da una lista no exhaustiva de catorce posibles análisis faciales y correspondientes reglas:

	Análisis estético	Regla estética
A	<p>Determinar la forma de la cara del paciente y, si está disponible, los dientes del paciente. Existen tres formas faciales principales:</p> <p>(i) forma rectangular o cuadrada. Una forma rectangular o cuadrada de la cara tiene sustancialmente la misma anchura en la frente y justo por debajo los pómulos;</p> <p>(ii) en disminución. Una cara en disminución es ancha en la frente y se estrecha a un pequeño mentón delicado;</p> <p>(iii) ovalada. Una cara ovalada es ligeramente más ancha en los pómulos que en la frente o línea de mandíbula.</p> <p>Los dientes se clasifican en tres formas diferentes: en disminución, ovoide y en forma de cuadrado. Si a un paciente le quedan dientes, la forma de los dientes se puede determinar sobre la base de la información digitalizada de la dentición que queda del paciente.</p>	<p>La forma óptima de diente se selecciona según las siguientes reglas:</p> <p>(1) En casos parcialmente desdentados (es decir, al paciente le quedan algunos dientes) la forma de diente se determina sobre la base de la forma de los dientes naturales que quedan y/o la forma de la cara del paciente.</p> <p>(2) En casos desdentados la forma de diente se escoge solamente sobre la base del análisis de la forma de la cara del paciente.</p> <p>Una cara en forma rectangular o cuadrada corresponde con dientes en forma de cuadrado.</p> <p>Una cara en disminución corresponde con dientes con forma en disminución.</p> <p>Una cara ovalada corresponde con dientes en forma ovoide.</p>

	Análisis estético	Regla estética
B	Determinar la anchura de la base de nariz (véase 4, figura 4).	Diseñar o reformar los cuatro incisivos maxilares de modo que su anchura total (5, figura 4) sea aproximadamente igual a la anchura de la base de nariz (Gerber).
C	Determinar la distancia entre ceja y base de nariz (véase la figura 5).	Posicionar el plano oclusal respecto a la cara del paciente de modo que la distancia entre la base de nariz y la parte superior del mentón durante la oclusión sea igual a dicha distancia entre ceja y base de nariz.
D	Determinar la línea interpupilar, es decir, la línea que conecta el centro de los ojos (6, figura 6).	Reconstruir o corregir los dientes de modo que el plano oclusal o la línea que conecta las cúspides de los caninos maxilares (7, figura 6) sean paralelos a dicha línea interpupilar.
E	Determinar la línea de simetría de la cara, es decir, la línea desde el centro de la frente a lo largo del punto subnasal al punto central del mentón.	Angular o reorientar los incisivos maxilares frontales de modo que su eje facial esté paralelo a dicha línea de simetría y posicionar los incisivos centrales de modo que su punto de contacto se encuentre en dicha línea de simetría.
F	Determinar el ángulo naso-labial, es decir, el ángulo entre la columela de la nariz y la superficie anterior del labio superior medido en una vista sagital (lateral) de la cara del paciente.	Reconstruir o corregir los incisivos maxilares de modo que el ángulo naso-labial sea aproximadamente de 90°. Por lo tanto, se necesita una simulación de tejido blando para predecir la posición de diente para la posición de labio superior, más particular con un ángulo naso-labial de 90°.
G	Determinar en una vista sagital (lateral) de la cara del paciente la distancia del labio superior e inferior a la línea a través de la punta de la nariz y el mentón.	Reconstruir o corregir los dientes de modo que la distancia de labio superior a dicha línea es de 4 mm y la distancia del labio inferior a dicha línea sea de 2 mm.
H	Determinar la posición del labio superior mientras se sonríe.	Posicionar o corregir los dientes maxilares frontales de modo que únicamente un cuarto de su altura sea cubierto por el labio superior mientras se sonríe. Para algunos pacientes la línea de sonrisa, es decir, la frontera del labio superior durante la sonrisa normal, es mucho más alta que lo ideal, y se expone la encía superior. En estos casos se necesita una corrección gingival para permitir la colocación de implante en el maxilar frontal. Sin corrección gingival será necesaria porcelana rosa en la reconstrucción protésica y esto no es compatible con los espacios interdentes necesarios para finalidades de limpieza de los implantes.
I	Determinar la curva formada por el labio inferior mientras se sonríe	Posicionar o corregir los dientes maxilares frontales de modo que su borde incisal esté paralelo a dicha curva y justo toque el labio inferior o que muestre una ligera holgura.
J	Determinar el pasillo bucal, es decir, el pequeño espacio visible entre los ángulos de la boca y los dientes, al sonreír (12, figura 7).	Determinar o adaptar la forma de arco dental maxilar así como la orientación de premolares y molares maxilares para obtener un tamaño normal de dicho pasillo bucal. Un arco dental demasiado ancho dará como resultado que no haya pasillo bucal mientras que un arco dental demasiado pequeño dará como resultado un pasillo bucal que es demasiado prominente.

	Análisis estético	Regla estética
K	Determinar la relación anchura a altura de los incisivos centrales maxilares.	Adaptar los incisivos centrales maxilares si es necesario para aproximarse al valor ideal del 80% para la relación de anchura a altura.
L	Determinar la proporción de anchura de incisivo central maxilar a anchura de incisivo lateral o anchura de canino.	Adaptar caninos e incisivos maxilares si es necesario para obtener la proporción ideal de anchura de 1,6, 1 y 0,6 respectivamente.
M	Determinar la posición del labio superior al hablar.	Adaptar la posición o tamaño de los incisivos maxilares para obtener una visibilidad de aproximadamente 1,5 mm de dichos dientes al hablar.
N	Determinar el entrecruzamiento horizontal de los dientes en una vista sagital (lateral).	Inclinar o adaptar la inclinación de los dientes frontales para obtener un valor de entrecruzamiento horizontal usado en práctica común, es decir, 2 mm.

El análisis enumerado anteriormente se encuentra en las amplias categorías de: características estéticas de la cara del paciente, que incluyen mediciones entre rasgos faciales (A-G); características estéticas de la cara que pueden ser determinadas por la mandíbula y los dientes subyacentes (H, I, J, M) y características estéticas de los dientes del paciente (K, L, N). El análisis de rasgos estéticos se puede realizar en el modelo virtual 56 del paciente, o en algunos de los datos de imagen 30 del paciente, tales como fotografías de la cara del paciente y dientes.

5

Análisis funcional (etapas 64, 65, figura 2)

Además de hacer un análisis de las propiedades estéticas del paciente, el análisis se puede extender para que incluya un análisis asistido por ordenador de características más 'funcionales' de un paciente. Se puede usar información funcional resultante de este análisis en un conjunto de reglas funcionales que pueden adaptarse a la configuración dental derivada en la etapa 63, la figura 2. Como alternativa, la configuración dental se puede basar directamente en un conjunto combinado de reglas funcionales y estéticas que hacen uso de la información tanto estética como funcional.

10

La siguiente tabla da una lista no exhaustiva de análisis funcional y reglas correspondientes:

Análisis funcional	Regla funcional
Determinar clase (I, II o III) de la relación molar. (i) La maloclusión de clase I se refiere a un maloclusión en la que el surco bucal del primer molar permanente mandibular se ocluye con la cúspide mesiobucal del primer molar permanente maxilar. (ii) La maloclusión de clase II se refiere a una maloclusión en la que el surco bucal del primer molar permanente mandibular ocluye posterior (distal) a la cúspide mesiobucal del primer molar permanente maxilar. (iii) La maloclusión de clase III se refiere a una maloclusión en la que el surco bucal del primer molar permanente mandibular ocluye anterior (mesial) a la cúspide mesiobucal del primer molar permanente maxilar.	Idealmente, se debe crear una relación molar de clase I (figura 8). Pero si un paciente tiene, por ejemplo, relaciones molares de clase II/III en el lado izquierdo, entonces el lado derecho se puede reconstruir imitando las relaciones molares de clase II/III.
Determinar angulación de corona de los dientes que quedan.	Imitar la angulación de corona de dientes que quedan en reconstrucción protésica. Si no quedan dientes, usar valores promedio para la angulación de las coronas.
Determinar inclinación de corona de los dientes que quedan	Imitar la inclinación de corona de dientes que quedan en reconstrucción protésica. Si no quedan dientes, usar valores promedio para la inclinación de las coronas.
Determinar arco dental para mandíbula superior e inferior sobre la base de los dientes que quedan o para casos desdentados sobre la base de curvas promedio y la información de mandíbula (Staub...).	Alinear coronas tangentes al arco dental determinado.

Análisis funcional	Regla funcional
Determinar línea media de los arcos dentales (superior e inferior).	Adaptar arcos dentales hasta que estas líneas medias coincidan.
Determinar contacto entre dientes vecinos.	Imitar contacto de los dientes que quedan. Si es desdentado posicionar coronas en contacto apretado con vecinos.
Determinar puntos de contacto durante el movimiento de las mandíbulas.	Adaptar superficies oclusales de las coronas para obtener una articulación ideal.
Determinar el entrecruzamiento horizontal.	Adaptar posición de diente o reconstruir corona para obtener valor óptimo de 2 mm.
Determinar entrecruzamiento vertical.	Adaptar posición de diente o reconstruir corona para obtener valor óptimo de 2 mm.

El análisis funcional no se limita a contactos óptimos de dientes sino que en un sentido más amplio puede incluir fonética y biomecánica (p. ej. carga óptima de dientes).

5 El análisis funcional asistido por ordenador puede incluir identificación de puntos de contacto ideales de diente y se puede realizar por medio de información digitalizada de mordidas de comprobación estáticas y dinámicas del paciente individuales o por medio de un articulador virtual. Un articulador es un instrumento mecánico que se usa para examinar las relaciones de contacto estático y dinámico entre las superficies oclusales de ambos arcos dentales. Representa las mandíbulas y articulaciones temporomandibulares humanas a las que se pueden conectar moldes maxilares y mandibulares a fin de simular algunos o todos los movimientos mandibulares. En un articulador se pueden ajustar diferentes ajustes en relación con la morfología de mandíbula y movimiento mandibular. Esos valores se establecen usando datos específicos de paciente o valores promedio conocidos en la bibliografía. Un articulador virtual establece las relaciones de contacto estático y dinámico en un entorno virtual. Simula movimientos mandibulares hacia delante, hacia atrás, lateral izquierdo, lateral derecho, apertura y cierre restringidos por las restricciones geométricas impuestas por ajustes usando datos específicos de paciente o valores promedio conocidos en la bibliografía. Además, un articulador virtual calcula y visualiza los contactos oclusales resultantes. Como alternativa se puede registrar movimiento de mandíbula y contactos oclusales y proporcionarse como camino 3D respecto a puntos de referencia conocidos en el paciente.

20 Las figuras 9A-9C ilustran un ejemplo de cómo se determinan y modifican las características funcionales de una preparación. La figura 9A muestra una preparación propuesta de diente resultante de análisis facial y aplicación de las reglas estéticas. Esto da como resultado un diente protésico 16 que se inserta en una preparación modificada. Inicialmente el diente 16 tienen una forma predeterminada y rasgos superficiales, tales como las propiedades predeterminadas de un elemento en la biblioteca 55 de elementos. En la figura 9B se analiza la superficie oclusal del nuevo diente 16 con respecto a antagonistas (p. ej. los dientes mostrados directamente por encima del diente 16). Como resultado del análisis, se modifica la superficie exterior del diente 16 para que presente una mejor superficie oclusal. La figura 9C muestra el resultado de la optimización.

25 A cada una de las reglas funcionales y estéticas se le puede asignar un factor de ponderación para influir más, o menos, profundamente en su impacto en la dentición final. Cada factor de ponderación puede tener un valor basado en experiencia pasada. Como alternativa, cada factor de ponderación puede ser ajustado por el equipo que trata al paciente, según su experiencia caso a caso. Lo siguiente es un ejemplo práctico de cómo se pueden usar los factores de ponderación. Suponiendo que se debe crear una preparación de dientes para un paciente al que le faltan cuatro incisivos maxilares y ambos caninos. La regla estética L predice la proporción ideal para las anchuras de los dientes que faltan. La regla estética B predice la anchura total de los cuatro incisivos maxilares sobre la base de la anchura de la base de nariz del paciente. Si el paciente tiene una nariz muy pequeña entonces se debe determinar la regla L para la anchura final de los dientes, por lo que la regla L debe tener un factor de ponderación más alto que la regla B. Esto dará como resultado una anchura proporcional normal de los dientes que faltan entre los primeros premolares maxilares que quedan. Si, en este caso, la regla L hubiera dado un factor de ponderación mucho más bajo que la regla B, entonces se crearían incisivos maxilares muy pequeños en combinación con caninos muy gruesos para poder rellenar la holgura entre los primeros premolares maxilares restantes. Por lo que no se respetaría la proporción ideal y daría como resultado un resultado menos estético.

El proceso de generar una preparación óptima de diente (y tejido blando) se puede lograr de maneras diferentes:

- 40 - una preparación de diente (y tejido blando) se puede optimizar con respecto a todas, o únicamente algunas, reglas estéticas en un proceso iterativo;
- una preparación de diente (y tejido blando) se puede determinar como el promedio ponderado de todas, o algunas, reglas estéticas con factores de ponderación que representan, por ejemplo, la importancia de las reglas estéticas para lograr una configuración óptima;

- una preparación de diente (y tejido blando) se puede determinar usando un primer subconjunto de reglas y entonces se optimizada usando un segundo subconjunto de las reglas.

5 Cuando un paciente tiene un conjunto parcial de dientes, la invención puede generar una configuración dental óptima que modela virtualmente dientes de sustitución cuando el paciente carece actualmente de dientes. Los dientes de sustitución se seleccionan según las reglas estéticas y funcionales. La figura 10 muestra un ejemplo en el que se ha insertado un grupo de seis dientes protésicos 14 en un modelo de una mandíbula del paciente.

10 Adicionalmente, puede ser deseable reposicionar algunos de los dientes existentes del paciente. Esto también se puede modelar, y los resultados del reposicionamiento se pueden exponer al paciente. Una biblioteca 55 almacena dientes individuales (de tipo, forma y tamaño variables) y preparaciones completas o parciales, para uso con pacientes que están total o parcialmente desdentados. Cada una de las preparaciones de biblioteca se puede adaptar según las reglas estéticas (y funcionales), o el software puede seleccionar la mejor de las preparaciones de biblioteca sobre la base de las reglas estéticas (y funcionales). La biblioteca digital 55 de elementos puede tener un conjunto predeterminado de propiedades predefinidas tales como color, textura etc. para darles una apariencia realista. Como alternativa, dicha información puede ser asignada sobre un elemento 'plano' para obtener una apariencia realista deseada. Por ejemplo, se puede presentar una selección de opciones a un usuario en forma de menú que ofrece una paleta de colores y texturas. La figura 11 muestra el modelo de la figura 10 tras la aplicación de color y textura a elementos de biblioteca 14 y la figura 12 muestra otra representación realista de un área de tratamiento con dientes protésicos a los que se ha aplicado color y textura.

20 El modelado virtual puede ser realizado por interacción de usuario en el entorno digital. Software 25 ejecutado por el puesto de trabajo crea una interfaz gráfica de usuario en la pantalla 10 que permite a un usuario seleccionar, introducir, posicionar, reposicionar o modificar dientes individuales o grupos de dientes de manera automática o semiautomática. El software puede incluir rutinas que posicionan automáticamente los dientes a lo largo de un arco predefinido, o rutinas para posicionar automáticamente dientes en función de la oclusión respecto a la dentición antagonista. Alternativas para casos ortodónticos son la extracción de diente, ensanchamiento de la mandíbula y pulido lateral (es decir, reducir la anchura) de los dientes. La superficie oclusal de los dientes ya posicionados también se puede modificar usando las herramientas de software.

Representación virtual del área de tratamiento, postratamiento (etapa 66, figura 2)

30 La etapa final del método expone una representación virtual del área de tratamiento, exponiendo el efecto de la preparación óptima de diente (y tejido blando). Es probable que haya una variedad de posibles opciones de tratamiento. Como ejemplo, para restauraciones dentales opciones alternativas de tratamiento pueden incluir diferentes morfologías, tamaños y colores de dientes. Cada una de las opciones de tratamiento se puede presentar a un usuario y un paciente y el paciente podrá ver el resultado estético del tratamiento. En una realización particular, la representación virtual se puede modificar para simular diferentes expresiones faciales, tales como la sonrisa. La etapa 66 puede usar el mismo modelo 3D que el creado en la etapa 61, figura 2, y actualizarse para incluir el trabajo de tratamiento determinado en la etapa 65, figura 2. La preparación modificada de diente determinada en la etapa 65 se puede usar para actualizar una representación realista del área a tratar. La actualización consiste en hacer coincidir espacialmente la representación realista del área de tratamiento y la preparación modificada de diente y visualizarlas simultáneamente en una pantalla 10. Hacer coincidir espacialmente se refiere a alinear ambas entidades. Por ejemplo cuando únicamente hay disponible una fotografía 2D del paciente entonces la preparación óptima de diente debe ser posicionada, orientada y escalada respecto a la fotografía 2D y entonces... incrustada dentro de la fotografía para visualizar el resultado. Como alternativa, se pueden retirar elementos (por ejemplo, dientes) de la representación realista 3D del área de tratamiento y sustituirse por homólogos correspondientes en la preparación generada. Actualizar la representación realista implica calcular el efecto de la preparación generada óptima de diente (y tejido blando) en la posición, inclinación y/o deformación de las regiones enteras o locales del área de tratamiento. Por 45 consiguiente se modifica el área de tratamiento. Un ejemplo atañe a la manera con la que los labios son soportados por los dientes. Modificar la inclinación de los dientes también cambiará la posición de los labios.

50 En una realización adicional de la invención el análisis facial asistido por ordenador puede dar como resultado pautas cuantitativas y cualitativas (textual), que son usadas posteriormente por un técnico dental para crear manualmente la preparación óptima de diente. Después, la preparación creada de diente (cera) se puede escanear y convertir a un modelo 3D por lo que se puede crear una representación de imagen 3D compuesta para mostrar el efecto de la nueva preparación en la cara del paciente.

Ejemplos ilustrativos

Ejemplo 1

55 Se toma una fotografía 3D, o un conjunto de fotografías 2D, de la cara (mientras se sonríe) de un paciente que necesita tratamiento ortodóntico. También, se toman impresiones de la dentición del paciente en material de alginato o silicio. Usando estas impresiones, se fabrican modelos de yeso de la anatomía intraoral del paciente. Los modelos de yeso se digitalizan posteriormente usando un escáner óptico a fin de producir un modelo 3D virtual que representa la dentición del paciente antes del tratamiento. En software, el modelo 3D virtual de la dentición del paciente se alinea

5 sobre la fotografía 3D de la cara del paciente para crear una representación realista. Los moldes de yeso contienen la información de las encías y la fotografía 3D contiene la información de superficie de la cara del paciente. Se realiza análisis funcional y facial asistido por ordenador y los resultados de estos análisis se usan en un conjunto de reglas para establecer una dentición óptima para el paciente. Adaptar la posición, inclinación y angulación de los dientes naturales del paciente de acuerdo a las reglas crea la preparación óptima de diente. Si es necesario, dientes naturales actualmente colocados en la mandíbula del paciente pueden ser extraídos virtualmente para obtener una preparación de diagnóstico optimizada de diente. Finalmente la preparación óptima de diente se visualiza junto con la fotografía 3D del paciente.

Ejemplo 2

10 Se toma una fotografía 2D, un escaneo por TC e impresiones de un paciente parcialmente desdentado que necesita una reconstrucción protésica. Se crea una representación virtual, realista, del paciente al mapear la fotografía 2D sobre el modelo 3D de tejido blando de la cara del paciente generado a partir de las imágenes de TC y alinear los modelos 3D de la dentición del paciente generados a partir de imágenes de μ TC de las impresiones con las imágenes de TC de la cara del paciente. Se seleccionan dientes de sustitución para los emplazamientos donde el paciente carece
15 actualmente de dientes. Los dientes de sustitución se seleccionan al realizar el análisis facial/estético y tras las reglas estéticas y funcionales, para que coincidan con la forma de la dentición que queda del paciente. El software puede seleccionar los dientes de sustitución automáticamente de una biblioteca de dientes, y colocar estos en el modelo virtual de la boca del paciente, o el software puede sugerir una selección de dientes adecuados sobre la base de la información estética y las reglas. Un usuario puede entonces usar su criterio para seleccionar los mejores dientes de
20 sustitución de los sugeridos por el software, y colocar estos dentro del modelo virtual de la mandíbula. Entonces, las superficies oclusales de estos dientes de biblioteca se optimizan funcionalmente sobre la base de las reglas funcionales y los resultados del análisis funcional asistido por ordenador.

Ejemplo 3

25 Se toma una fotografía 3D e impresiones de un paciente totalmente desdentado. Escanear estas impresiones por medio de μ TC y realizar procesamiento de imagen (segmentación, creación de modelo 3D, inversión de superficie, etc.) produce una representación digital de la anatomía intraoral del paciente. Posicionar los modelos 3D virtuales de las mandíbulas desdentadas del paciente respecto a la fotografía 3D usando mediciones de arco facial crea la representación virtual, realista. Entonces, se crea una preparación inicial de diente a partir de dientes de biblioteca usando información estadística (p. ej. pentagrama Staub, forma promedio de arco dental) así como reglas establecidas
30 por el análisis facial asistido por ordenador. Se realiza análisis funcional asistido por ordenador para esta preparación inicial de diagnóstico teniendo en cuenta parámetros específicos de paciente para establecer el articulador virtual. Las superficies oclusales de estos dientes de biblioteca se optimizan funcionalmente para obtener oclusión y articulación óptimas. El proceso de optimización se itera hasta encontrar el mejor compromiso entre consideraciones funcionales y estéticas.

35 La invención no se limita a las realizaciones descritas en esta memoria, que pueden ser modificadas o variadas sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para planificación automática, o semiautomática, de tratamiento dental para un paciente, el tratamiento dental se selecciona de una reconstrucción protésica en un diente natural, una prótesis suelta, una reconstrucción protésica soportada por implantes, una corrección del tejido blando y un tratamiento ortodóntico para corregir la posición de dientes, el método comprende:
- 5
- (a) obtener datos (etapas 60, 61) acerca de un área que va a ser tratada y datos acerca de la cara de un paciente;
 - (b) realizar un análisis asistido por ordenador (etapa 62) de los datos para determinar propiedades de al menos la cara del paciente;
 - (c) crear una preparación modificada de diente (etapa 65) usando un conjunto de reglas almacenadas (51, 52) que hacen uso de las propiedades faciales determinadas seleccionadas de características estéticas de la cara del paciente, mediciones entre rasgos faciales; características estéticas de la cara que pueden ser determinadas por la mandíbula y los dientes subyacentes y características estéticas de los dientes del paciente,
- 10
- en donde las reglas almacenadas (51, 52) son cualquiera de:
- A. la forma óptima de diente que se selecciona según las siguientes reglas:
 - 15 (1) en casos parcialmente desdentados la forma de diente se determina sobre la base de la forma de los dientes naturales que quedan y/o la forma de la cara del paciente, o
 - (2) en casos desdentados la forma de diente se escoge solamente sobre la base del análisis de la forma de la cara del paciente, o
- una cara en forma rectangular o cuadrada corresponde con dientes en forma cuadrada, o
- 20 una cara en disminución corresponde con dientes en forma en disminución, o
- una cara ovalada corresponde con dientes en forma de ovoide; o
- B. Diseñar o reformar los cuatro incisivos maxilares de modo que su anchura total sea aproximadamente igual a la anchura de la base de nariz; o
 - C. Posicionar el plano oclusal respecto a la cara del paciente de modo que la distancia entre la base de nariz y la parte superior del mentón durante la oclusión sea igual a dicha distancia entre ceja y base de nariz; o
- 25
- D. Reconstruir o corregir los dientes de modo que el plano oclusal o la línea que conecta las cúspides de los caninos maxilares sean paralelos a dicha línea interpupilar; o
 - E. Angular o reorientar los incisivos maxilares frontales de modo que su eje facial esté paralelo a dicha línea de simetría y posicionar los incisivos centrales de modo que su punto de contacto se encuentre en dicha línea de simetría; o
- 30
- F. Reconstruir o corregir los incisivos maxilares de modo que el ángulo naso-labial sea 90°, por lo tanto se necesita una simulación de tejido blando para predecir la posición de diente para la posición de labio superior, o con un ángulo naso-labial de 90°; o
 - G. Reconstruir o corregir los dientes de modo que la distancia de labio superior a dicha línea es de 4 mm y la distancia del labio inferior a dicha línea sea de 2 mm; o
- 35
- H. Posicionar o corregir los dientes maxilares frontales de modo que únicamente un cuarto de su altura sea cubierto por el labio superior mientras se sonríe, para algunos pacientes la línea de sonrisa es la frontera del labio superior durante sonrisa normal, es mucho más alta que lo ideal, y se expone la encía superior, por lo que en ese caso se necesita una corrección gingival para permitir colocación de implante en la maxila frontal; o
 - I. Posicionar o corregir los dientes maxilares frontales de modo que su borde incisal esté paralelo a dicha curva y justo toque el labio inferior o que muestre una ligera holgura; o
- 40
- J. Determinar o adaptar la forma de arco dental maxilar así como la orientación de premolares y molares maxilares para obtener un tamaño normal de dicho pasillo bucal, por lo que un arco dental demasiado ancho dará como resultado que no haya pasillo bucal mientras que un arco dental demasiado pequeño dará como resultado un pasillo bucal que es demasiado prominente; o
- 45
- K. Adaptar los incisivos centrales maxilares si es necesario para aproximarse al valor ideal del 80% para la relación de anchura a altura; o
 - L. Adaptar caninos e incisivos maxilares si es necesario obtener la proporción ideal de anchura de 1,6, 1 y 0,6

respectivamente; o

M. Adaptar la posición o tamaño de los incisivos maxilares para obtener una visibilidad de aproximadamente 1,5 mm de dichos dientes al hablar; o

5 N. Inclinar o adaptar la inclinación de los dientes frontales para obtener un valor de entrecruzamiento horizontal de 2 mm.

2. El método de la reivindicación 1, en donde la reconstrucción protésica en un diente natural es una corona o puente o carilla.

3. El método según la reivindicación 1 o 2, en donde la corrección de tejido blando es una corrección de encía, una corrección de la mucosa o gingival.

10 4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además generar (etapa 66) una representación tridimensional que simula la apariencia de al menos el área de tratamiento con la preparación modificada de diente.

5. Un método según la reivindicación 4, en donde la etapa de generar (etapa 66) una representación tridimensional también simula la apariencia de la cara del paciente que rodea el área de tratamiento.

15 6. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa (b) (etapa 62) de realizar un análisis asistido por ordenador de los datos también determina propiedades de dientes existentes y la etapa (c) (etapa 65) crea una preparación modificada de diente usando un conjunto de reglas que hacen uso de las propiedades faciales determinadas y los dientes existentes del paciente o

20 en donde el análisis en la etapa (b) (etapa 62) comprende determinar una forma de la cara del paciente y la etapa (c) (etapa 65) comprende seleccionar una forma de dientes protésicos sobre la base de la forma determinada o

25 en donde el análisis en la etapa (b) (etapa 62) comprende determinar la distancia entre rasgos de la cara del paciente o una alineación de rasgos de la cara del paciente y la etapa (c) (etapa 65) comprende modificar la preparación de diente sobre la base de la distancia o alineación determinadas, o en donde el análisis en la etapa (b) (etapa 62) comprende determinar la línea interpupilar y la etapa (c) (etapa 65) comprende reconstruir dientes, o corregir la posición de los dientes, de modo que el plano oclusal o la línea que conecta las cúspides de los caninos maxilares sean paralelos a la línea interpupilar determinada o

en donde el análisis en la etapa (b) (etapa 62) comprende determinar la posición del labio del paciente y la etapa (c) (etapa 65) comprende modificar la preparación de diente sobre la base de la posición determinada, o

30 en donde el análisis facial en la etapa (b) (etapa 62) comprende determinar la posición del labio superior mientras se sonríe y la etapa (c) (etapa 65) comprende posicionar los dientes maxilares frontales de modo que únicamente un cuarto de su altura sea cubierto por el labio superior mientras se sonríe.

7. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa (c) (etapa 65) comprende generar un modelo tridimensional del área a tratar a partir de los datos obtenidos y crear una preparación modificada de diente en el modelo o en donde se pondera el conjunto de reglas usado en la etapa (c) (etapa 65).

35 8. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde la etapa de realizar un análisis asistido por ordenador (etapa 62) de los datos comprende instar a un usuario a que indique la posición de puntos anatómicos sobre una representación bidimensional o tridimensional de la cara del paciente y determinar automáticamente propiedades faciales basadas en aportes recibidos de un usuario.

40 9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además determinar datos funcionales del área a tratar o la preparación modificada y la etapa (c) (etapa 65) usa los datos funcionales.

10. Un método según la reivindicación 9, en donde los datos funcionales conciernen a la oclusión o articulación del área a tratar o la preparación modificada de diente.

45 11. Un método según la reivindicación 10, en donde la etapa de determinar datos funcionales comprende determinar puntos de contacto óptimos de diente y la etapa (c) (etapa 65) comprende modificar la preparación de diente para optimizar los puntos de contacto de diente.

12. Un método según la reivindicación 11, en donde los datos obtenidos en la etapa (a) (etapas 60, 61) se usan para generar un modelo tridimensional del paciente y la determinación de puntos de contacto de diente usa el modelo o

en donde los datos obtenidos en la etapa (a) (etapas 60, 61) se usan para generar un modelo tridimensional del paciente y el análisis facial de la etapa (b) (etapa 62) usa el modelo.

50 13. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los datos acerca de la cara de un

paciente comprende uno o más de: una fotografía 2D; una fotografía 3D; un escaneo óptico de la superficie externa de al menos parte de la cabeza del paciente.

5 14. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los datos acerca de un área a tratar comprende datos adquiridos usando una pluralidad de diferentes técnicas de obtención de imágenes (31, 32, 33, 34), preferiblemente una fotografía 2D; una fotografía 3D; un escaneo óptico intraoral; un rayos X; un escaneo por tomografía computarizada.

15. Un método según la reivindicación 14, en donde la etapa (c) (etapa 65) comprende correlacionar los datos adquiridos usando diferentes técnicas de obtención de imágenes para generar un modelo tridimensional de la mandíbula y dientes existentes del paciente, o

10 en donde la etapa (c) (etapa 65) comprende además permitir a un usuario manipular la preparación modificada de diente por medio de una interfaz gráfica de usuario, o

en donde la etapa (c) (etapa 65) comprende además acceder a una biblioteca de elementos y usar la biblioteca para crear la preparación modificada de diente.

15 16. Aparato para planificación automática, o semiautomática, de tratamiento dental para un paciente, el tratamiento dental se selecciona de una reconstrucción protésica en un diente natural, una prótesis suelta, una reconstrucción protésica soportada por implantes, una corrección del tejido blando y un tratamiento ortodóntico para corregir la posición de los dientes, el aparato comprende:

una entrada para recibir datos (30) acerca de un área que se va a tratar y datos acerca de la cara de un paciente; y un procesador (22) que se dispone para:

20 realizar un análisis asistido por ordenador (etapa 62) de los datos para determinar propiedades de al menos la cara del paciente;

25 crear una preparación modificada de diente usando un conjunto de reglas almacenadas (51, 52) que hacen uso de las propiedades faciales determinadas seleccionadas de características estéticas de la cara del paciente, mediciones entre rasgos faciales; características estéticas de la cara que pueden ser determinadas por la mandíbula y dientes subyacentes y características estéticas de los dientes del paciente, en donde las reglas almacenadas (51, 52) son cualquiera de:

A. la forma óptima de diente que se selecciona según las siguientes reglas:

(1) en casos parcialmente desdentados la forma de diente se determina sobre la base de la forma de los dientes naturales que quedan y/o la forma de la cara del paciente, o

30 (2) en casos desdentados la forma de diente se escoge solamente sobre la base del análisis de la forma de la cara del paciente, o

una cara en forma rectangular o cuadrada corresponde con dientes en forma cuadrada, o

una cara en disminución corresponde con dientes en forma en disminución, o una cara ovalada corresponde con dientes en forma de ovoide; o

35 B. Diseñar o reformar los cuatro incisivos maxilares de modo que su anchura total sea aproximadamente igual a la anchura de la base de nariz; o

C. Posicionar el plano oclusal respecto a la cara del paciente de modo que la distancia entre la base de nariz y la parte superior del mentón durante la oclusión sea igual a dicha distancia entre ceja y base de nariz; o

40 D. Reconstruir o corregir los dientes de modo que el plano oclusal o la línea que conecta las cúspides de los caninos maxilares sean paralelos a dicha línea interpupilar; o

E. Angular o reorientar los incisivos maxilares frontales de modo que su eje facial esté paralelo a dicha línea de simetría y posicionar los incisivos centrales de modo que su punto de contacto se encuentre en dicha línea de simetría; o

45 F. Reconstruir o corregir los incisivos maxilares de modo que el ángulo naso-labial sea 90°, por lo tanto se necesita una simulación de tejido blando para predecir la posición de diente para la posición de labio superior, o con un ángulo naso-labial de 90°; o

G. Reconstruir o corregir los dientes de modo que la distancia de labio superior a dicha línea es de 4 mm y la distancia del labio inferior a dicha línea sea de 2 mm; o

H. Posicionar o corregir los dientes maxilares frontales de modo que únicamente un cuarto de su altura sea cubierto

por el labio superior mientras se sonríe, para algunos pacientes la línea de sonrisa es la frontera del labio superior durante sonrisa normal, es mucho más alta que lo ideal, y se expone la encía superior, por lo que en ese caso se necesita una corrección gingival para permitir colocación de implante en la maxila frontal; o

- 5 I. Posicionar o corregir los dientes maxilares frontales de modo que su borde incisal esté paralelo a dicha curva y justo toque el labio inferior o que muestre una ligera holgura; o
- J. Determinar o adaptar la forma de arco dental maxilar así como la orientación de premolares y molares maxilares para obtener un tamaño normal de dicho pasillo bucal, por lo que un arco dental demasiado ancho dará como resultado que no haya pasillo bucal mientras que un arco dental demasiado pequeño dará como resultado un pasillo bucal que es demasiado prominente; o
- 10 K. Adaptar los incisivos centrales maxilares si es necesario para aproximarse al valor ideal del 80% para la relación de anchura a altura; o
- L. Adaptar caninos e incisivos maxilares si es necesario obtener la proporción ideal de anchura de 1,6, 1 y 0,6 respectivamente; o
- 15 M. Adaptar la posición o tamaño de los incisivos maxilares para obtener una visibilidad de aproximadamente 1,5 mm de dichos dientes al hablar; o
- N. Inclinar o adaptar la inclinación de los dientes frontales para obtener un valor de entrecruzamiento horizontal de 2 mm.
- 20 17. Aparato según la reivindicación 16, en donde el procesador (22) se dispone además para generar una representación tridimensional (56) que simula la apariencia de al menos el área de tratamiento con la preparación modificada de diente.
18. Aparato según la reivindicación 17, en donde el procesador (22) se dispone además para generar una representación tridimensional (56) que también simula la apariencia de la cara del paciente que rodea el área de tratamiento.

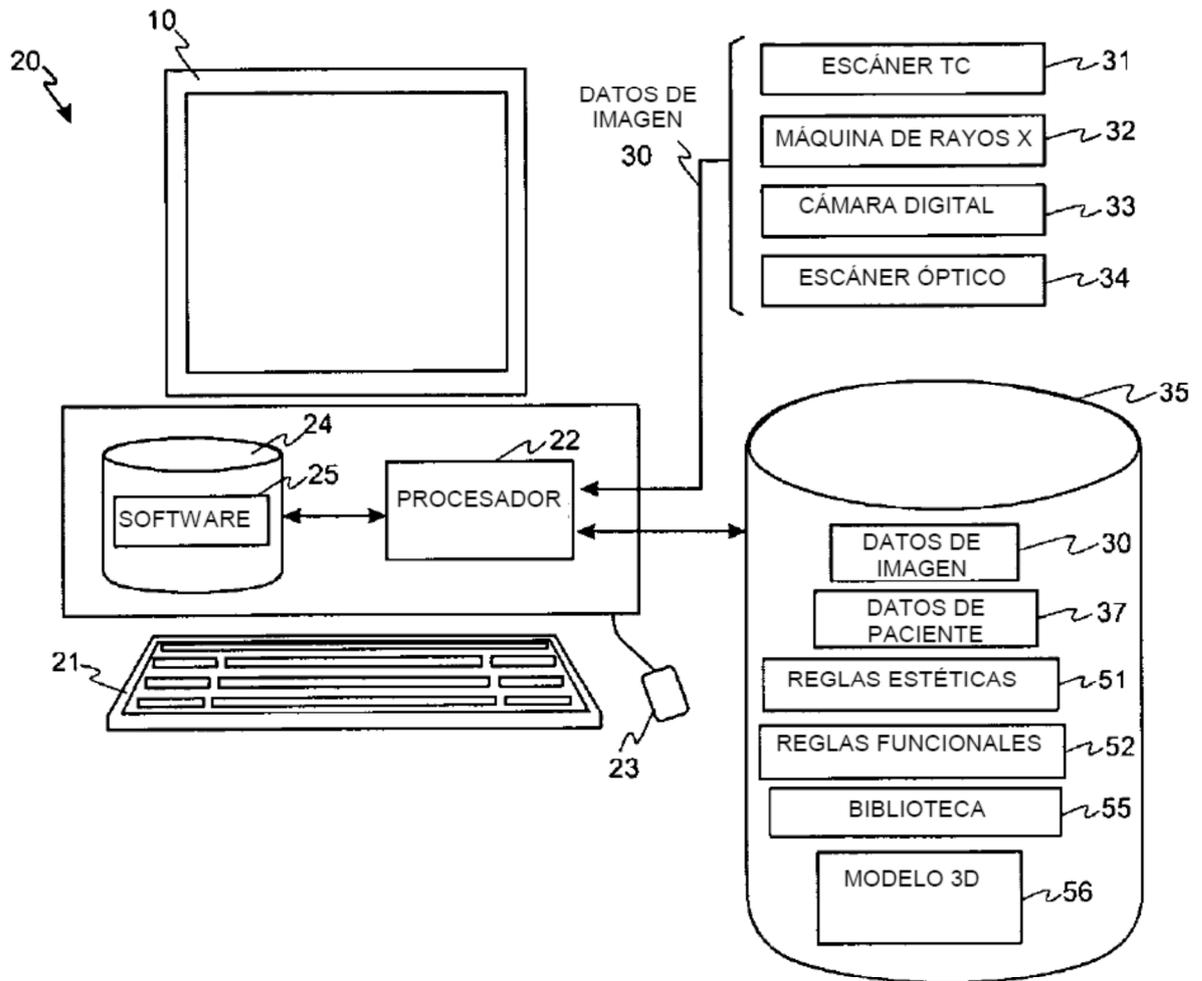


Fig. 1

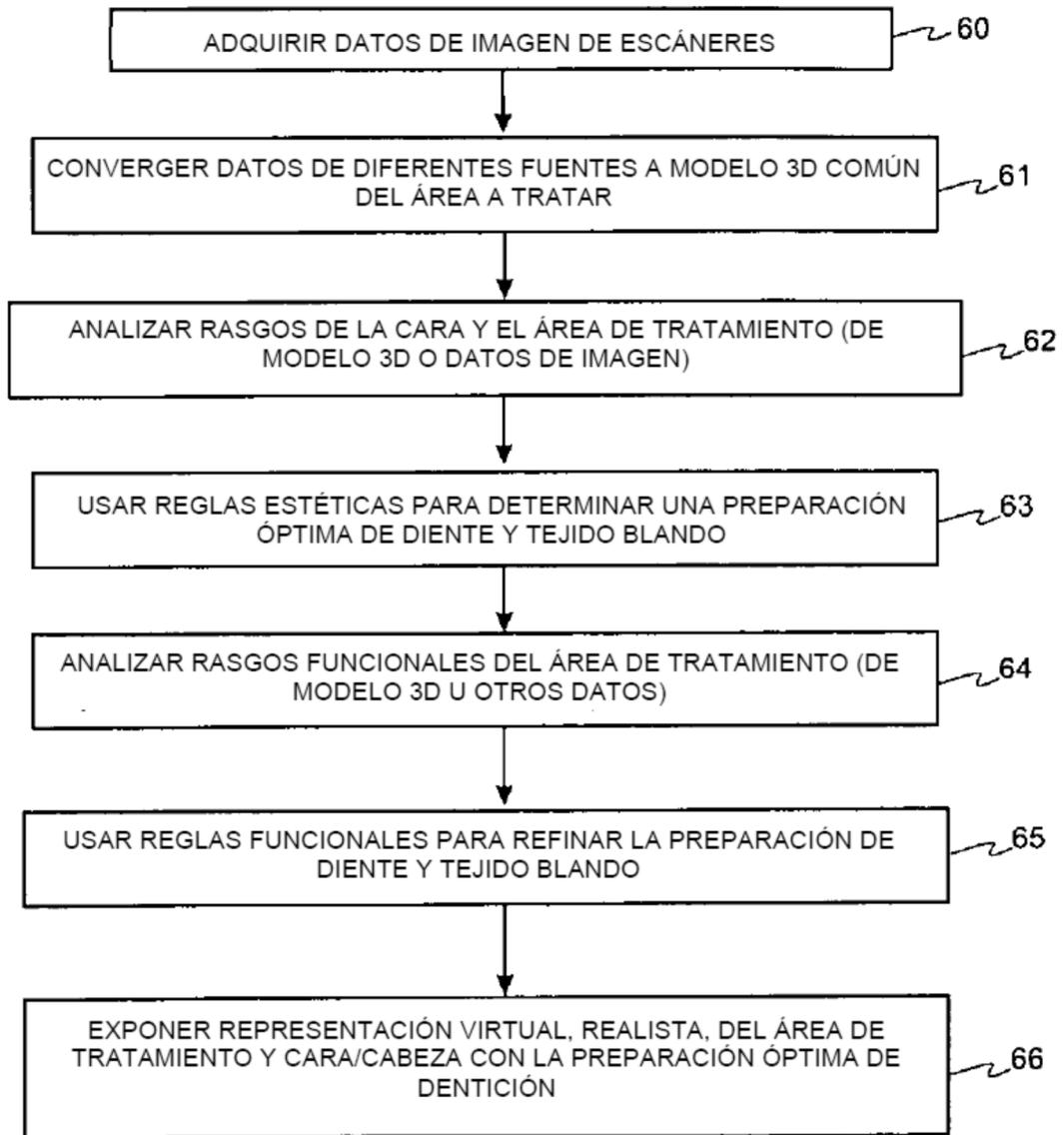


Fig. 2

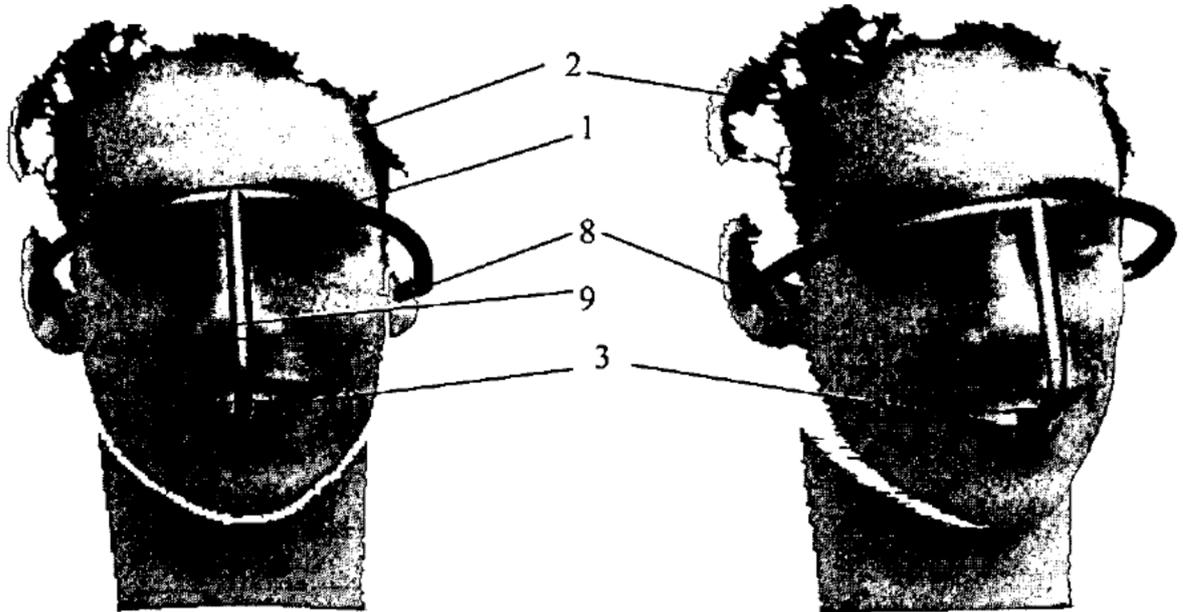


Fig. 3



Fig. 4

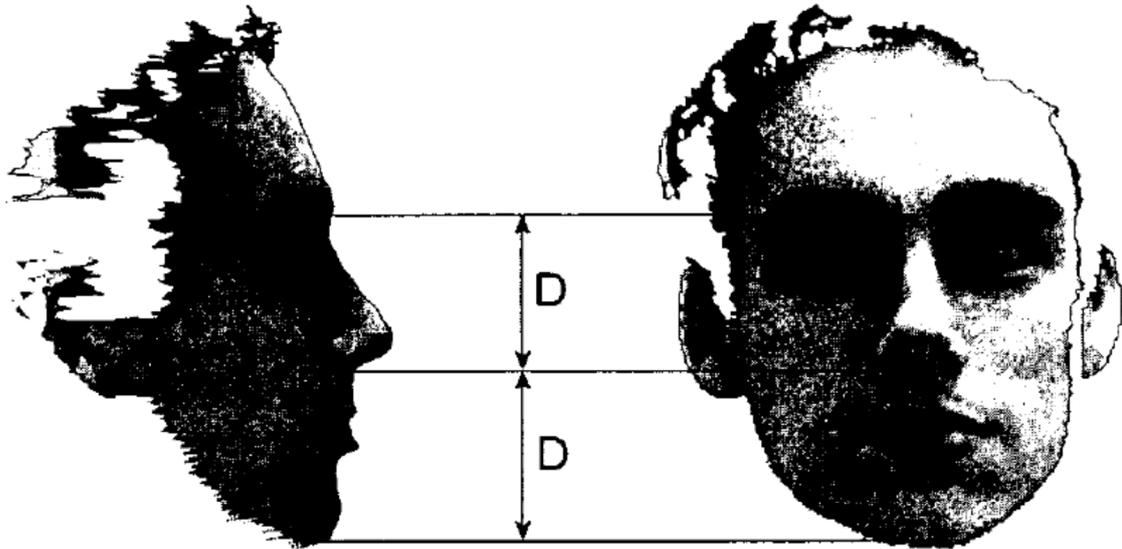


Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7

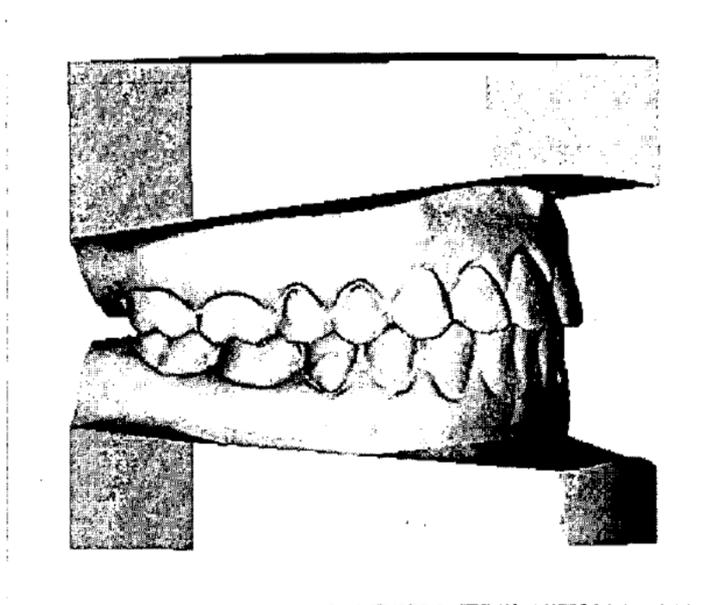


Fig. 8

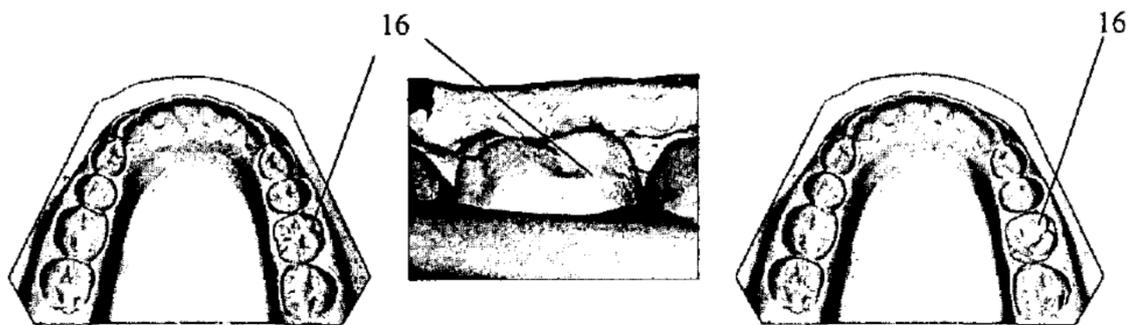


Fig. 9A

Fig. 9B

Fig. 9C

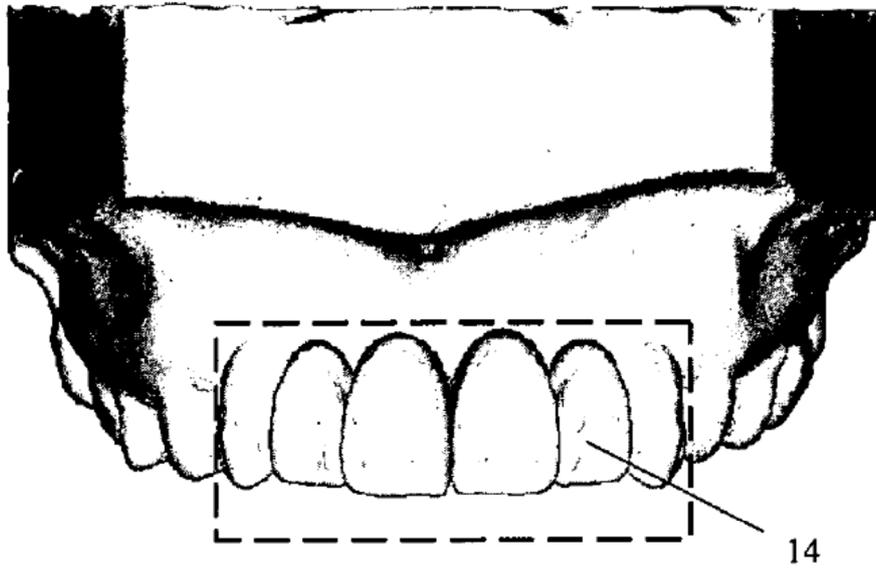


Fig. 10

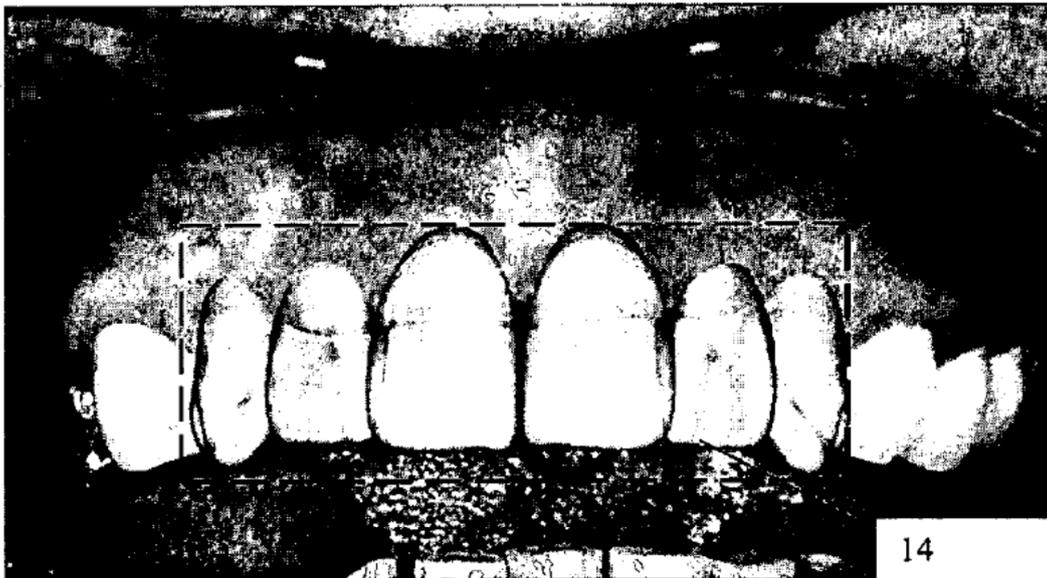


Fig. 11



Fig. 12