



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 317 265**

51 Int. Cl.:
G06T 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05758955 .8**

96 Fecha de presentación : **27.06.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1759353**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.03.2007**

54 Título: **Procedimiento para obtener un plan de tratamiento para cirugía ortognática y dispositivos para el mismo.**

30 Prioridad: **25.06.2004 GB 0414277**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

73 Titular/es: **Medicim N.V.
Kardinaal Mercierplein 1
2800 Mechelen, BE**

72 Inventor/es: **Schutyser, Filip**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 317 265 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 obtener un plan de tratamiento para cirugía ortognática y dispositivos para el mismo.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos para evaluar la forma del cráneo y de tejidos blandos y para determinar un plan de tratamiento para cirugía maxilofacial y más particularmente para cirugía ortognática y a los dispositivos usados en una cirugía de este tipo o en la preparación de la misma.

10 Estado de la técnica

En la cirugía maxilofacial, el cráneo y la dentición se reparan o remodelan quirúrgicamente. Esta disciplina quirúrgica engloba intervenciones quirúrgicas de reparación, en particular, de una posición incorrecta de los maxilares uno con respecto al otro, denominada cirugía ortognática. Normalmente, la cirugía ortognática implica osteotomías del maxilar superior y/o de la mandíbula para recolocar estos fragmentos óseos correctamente con respecto al resto del cráneo y crear una buena oclusión. Las osteotomías son operaciones quirúrgicas mediante las cuales se corta un hueso para reducir, alargar o cambiar sus alineaciones. Con "oclusión" se quiere decir la manera en la que se juntan los dientes de las arcadas superior e inferior cuando la boca está cerrada.

La preparación de una intervención quirúrgica de este tipo requiere la puesta en práctica de técnicas ortodóncicas y radiográficas.

25 Técnicas ortodóncicas

Se realiza un vaciado de la dentición maxilar y mandibular del paciente. Estos vaciados, generalmente compuestos por escayola, se montan entonces en un articulador que representa las articulaciones temporomandibulares y los elementos maxilares. Se usan los vaciados para simular el desplazamiento relativo que ha de aplicarse a los maxilares para crear una buena oclusión. Para permitir que el cirujano respete las posiciones relativas simuladas, se fabrica una férula, es decir, una placa que comprende en cada una de sus superficies impresiones dentales de los dos vaciados. La férula se usa para mantener el vaciado o los maxilares en posiciones relativas en las que los dientes están en oclusión.

Dado que la intervención quirúrgica incluye generalmente osteotomías de ambos maxilares, generalmente se fabrican dos férulas a partir de los vaciados dentales, además de una denominada férula inicial que une los dos maxilares en su posición de oclusión antes de la intervención.

Una denominada férula intermedia determina el desplazamiento previsible del maxilar superior con respecto a la mandíbula, cuando la mandíbula está en su posición original (preoperatoria). Esta férula permite que el cirujano ponga de nuevo el maxilar superior en el cráneo en la posición definitiva deseada antes de proceder a la intervención en la mandíbula. Una denominada férula definitiva determina el objetivo de oclusión que ha de lograrse quirúrgicamente y por tanto, se usa para colocar correctamente la mandíbula en el cráneo ajustando la posición de la mandíbula con respecto al maxilar superior recolocado previamente.

45 Técnicas radiográficas

La preparación de la operación quirúrgica también usa radiografías del paciente. Normalmente, se toma una radiografía lateral (cefalograma). A veces se toman una radiografía frontal y otra radiografía con diferentes vistas. Estas radiografías permiten, en particular, realizar una simulación aproximada de la acción de la operación.

Se realiza manualmente la simulación a partir de un papel de calco situado sobre la radiografía. Por ejemplo, se indican marcas y se trazan los contornos de la mandíbula. Entonces se mueve el papel de calco para reproducir aproximadamente sobre él la oclusión posoperatoria deseada, tras lo cual se trazan los contornos maxilares. El conjunto maxilo-mandibular trazado en el papel de calco se mueve entonces en un bloque respetando patrones cefalométricos, razones labiales, así como otros criterios conocidos para este tipo de intervención. Así se definen radiográfica y aproximadamente la dirección y amplitud de los desplazamientos de los maxilares. Se comparan los resultados de esta simulación y se ajustan según el movimiento relativo de la mandíbula y del maxilar superior previsto por medio de las férulas.

Por tanto, la simulación real de una intervención quirúrgica ortognática se realiza esencialmente de manera manual. Además, esta simulación sólo se realiza en dos dimensiones basándose en una vista de perfil plano del cráneo.

La generación actual de dispositivos de exploración por TAC proporciona información 3D detallada de la anatomía del paciente. Basándose en estos datos, son posibles reconstrucciones de superficie 3D de la superficie de la piel y el hueso. Pueden aislarse fragmentos óseos y moverse unos con respecto a otros. Esto podría proporcionar una base adecuada para un sistema de planificación de cirugía ortognática asistido por ordenador. Sin embargo, los algoritmos para representaciones de superficie 3D disponibles actualmente no proporcionan un marco de trabajo adecuado que comprenda referencias relevantes anatómicamente, que permitan al médico recolocar fácilmente y de manera fiable un fragmento óseo en el entorno 3D virtual. Un segundo problema está asociado con el uso de representaciones de

superficie 3D obtenidas a partir de exploraciones TAC de pacientes que tienen empastes dentales de amalgama. Los empastes dentales de amalgaman producen artefactos que aparecen como franjas en las imágenes de TAC. Usando estas imágenes de TAC tal cual, es imposible representar gráficamente en una vista tridimensional la posición exacta de los dientes para obtener la mordida.

5

El documento de patente WO03/028577-A da a conocer un aparato y un procedimiento para fabricar férulas quirúrgicas ortognáticas. También se refiere a un procedimiento para producir un modelo de cráneo compuesto computerizado adecuado para la planificación del tratamiento y el diagnóstico. En dicho procedimiento, se generan un modelo 3D mediante TAC de la estructura ósea del paciente y un modelo informático dental digital de la dentición del paciente, comprendiendo ambos un mismo conjunto de marcadores fiduciaros.

10

Objetivos de la invención

La presente invención tiene como objetivo proporcionar un procedimiento para realizar un análisis cefalométrico y/o antropométrico. En un segundo objeto, tiene como objetivo proporcionar un procedimiento para obtener un plan de tratamiento para cirugía ortognática, que comprende dicho procedimiento de análisis. En un objeto adicional, tiene como objetivo proporcionar dispositivos adecuados para el mismo.

15

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para realizar un análisis cefalométrico y/o antropométrico según la reivindicación 1.

20

Preferiblemente, la modalidad de imagen médica es la formación de imágenes por resonancia magnética o tomografía computerizada. El modelo de superficie 3D representa ventajosamente una superficie de una estructura ósea y/o una envoltura de tejido blando.

25

En una realización preferida, el procedimiento comprende además la etapa de visualizar dicho al menos un cefalograma 2D generado junto con el modelo de superficie 3D en un escenario virtual.

Ventajosamente, el procedimiento comprende además la determinación de un marco de referencia a partir de puntos de referencia anatómicos en la cabeza de la persona.

30

Preferiblemente, en una etapa adicional, se genera un informe del análisis cefalométrico.

En otra realización, el procedimiento comprende la etapa adicional de proporcionar fotografías 2D o 3D, a partir de las cuales se obtiene una superficie de piel 3D texturizada.

35

El análisis normalmente comprende la determinación de distancias lineales entre dos marcas, la distancia de una marca hasta un plano de referencia, la distancia entre marcas proyectadas sobre un plano, ángulos entre marcas o planos, proporciones calculadas entre estas mediciones o la distancia entre dos puntos a lo largo de una superficie y en paralelo a un plano.

40

Aún en una realización adicional, el procedimiento comprende las etapas de adquirir una exploración 3D de la cabeza de la persona, mientras que la persona lleva una férula 3D. Además, entonces se adquiere preferiblemente una exploración 3D de moldes del maxilar superior e inferior de dicha persona. A continuación, se fusionan la exploración 3D de la cabeza de dicha persona, mientras lleva la férula 3D y la exploración 3D de moldes del maxilar superior e inferior, basándose en las características de la férula 3D. Ventajosamente, los datos de la exploración 3D de la persona que lleva dicha férula 3D se usan posteriormente para generar el modelo de superficie 3D.

45

En un segundo objeto, la invención se refiere a un procedimiento para obtener información de planificación para recolocar un fragmento óseo según la reivindicación 11.

50

En una realización ventajosa, las posiciones virtuales resultan de una traslación y/o rotación del fragmento óseo.

En otro objeto, la invención se refiere a un dispositivo para análisis cefalométrico y/o antropométrico, según la reivindicación 13. Los datos de la exploración 3D son preferiblemente datos de TAC o IRM.

55

En un objeto adicional, la invención se refiere a una férula 3D para su uso en un procedimiento como se describió previamente. La férula 3D comprende una parte en forma de U dispuesta para encajar las arcadas dentales superior e inferior y está dotada con una extensión extra-oral o intra-oral en la parte en forma de U.

En un último objeto, la invención se refiere a un programa según la reivindicación 15, ejecutable en un dispositivo programable que contiene instrucciones, que cuando se ejecutan, realizan el procedimiento, tal como se describió previamente.

60

65

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 representa la generación de un cefalograma virtual (lateral).

5 La figura 2 representa la definición de un marco de referencia relacionado anatómicamente.

Las figuras 3A y 3B representan la definición de las marcas anatómicas. Se usan tanto el cefalograma lateral como el modelo de superficie ósea 3D para definir exactamente los puntos.

10 La figura 4 representa los resultados de los calcos cefalométricos 3D.

La figura 5 representa los fragmentos óseos móviles que se indican durante la organización de la cirugía ortognática.

15 La figura 6 representa un resultado virtual de la cirugía ortognática.

La figura 7 representa la ventana de control usada para mover los fragmentos óseos.

20 La figura 8 representa el seguimiento de los movimientos de las marcas en los cefalogramas virtuales (figura 8A) y en las representaciones de superficie ósea (figura 8B).

La figura 9 representa la férula 3D sola y en su sitio entre los moldes de escayola de la dentición. Esta férula 3D prevé la fusión por medio de características de la extensión.

25 La figura 10 representa la férula 3D sola y en su sitio entre los moldes de escayola de la dentición. Esta férula 3D prevé la fusión por medio de marcadores de gutapercha.

Las figuras 11 a 14 representan diagramas de flujo de diversas realizaciones del procedimiento según la invención.

30 La figura 15 representa un resumen global de los diagramas de flujo mostrados en las figuras 11-14.

Descripción detallada de la invención

35 Con el fin de realizar un análisis cefalométrico 3D adecuado de tejido óseo y/o de tejidos blandos, no basta la capacidad para indicar los puntos relevantes en las estructuras 3D solas. Los puntos requeridos para un calco cefalométrico 3D adecuado que no están bien definidos en la estructura 3D están disponibles en una representación 2D y viceversa. La presente invención describe un sistema computerizado que soluciona este problema.

40 La presente invención proporciona un procedimiento para redefinir el marco de trabajo de una representación de superficie 3D en un marco de trabajo relevante anatómicamente. El marco de trabajo relevante anatómicamente permite que un médico realice un análisis cefalométrico y/o antropométrico preciso de manera intuitiva. Además, una representación de superficie 3D que comprende un marco de trabajo relevante anatómicamente tiene la ventaja de que permite la recolocación virtual de fragmentos óseos en relación con marcas relevantes anatómicamente, haciendo que sea particularmente adecuado para la planificación de intervenciones quirúrgicas. El diagrama de flujo mostrado en la figura 11 resume las principales etapas del procedimiento según la invención.

45 En la formación de imágenes médicas, una modalidad es cualquiera de los diversos tipos de equipo o sondas utilizados para adquirir imágenes del cuerpo. La radiografía, tomografía computerizada, ecografía y formación de imágenes por resonancia magnética son ejemplos de modalidades en el presente contexto.

50 Se da a conocer un procedimiento y un dispositivo para realizar un análisis cefalométrico y/o antropométrico 3D que permite una evaluación preoperatoria de la anatomía de un paciente. El dispositivo comprende un sistema computerizado, visualizar volúmenes de imágenes (por ejemplo, volúmenes de imágenes por TAC) y modelos de superficie extraídos de él, junto con imágenes con valor de gris de proyección 2D, es decir, imágenes de rayos X virtuales relacionadas geoméricamente con la imagen por TAC y calculadas a partir de ella. La información combinada proporciona un medio para evaluar eficazmente y con precisión la anatomía de 3D de la superficie de tejido blando y el cráneo del paciente. La tecnología fusiona calcos cefalométricos 2D clásicos con visualización de superficie ósea 3D. Puede generarse el modelo de superficie usando los datos de TAC, tal como se describe en el artículo "Marching Cubes: a High Resolution 3D Surface Construction Algorithm" de W.E. Lorensen, H.E. Cline (ACM Computer Graphics (actas del ACM SIGGRAPH '87), vol. 21, n° 4, págs. 163-169, julio de 1987). Las imágenes de rayos X virtuales (cefalogramas) pueden obtenerse tal como se describe en "Display of surfaces from volume data", Levoy M., IEEE Comput. Graph. Appl. 8,3 (mayo de 1988), págs. 29-37. En el artículo de Troulis *et al*: "Development of a three-dimensional treatment planning system based on computed tomographic data". INTERNATIONAL JOURNAL OF ORAL AND MAXILLOFACIAL SURGERY, agosto de 2002, vol. 31, n° 4, agosto de 2002 (2002-08), páginas 349-357, XP008053607 ISSN: 0901- 5027, se da a conocer un procedimiento para realizar un análisis cefalométrico y/o antropométrico que comprende las etapas de adquirir una exploración 3D de la cabeza de una persona usando una modalidad de imagen médica 3D, generar un modelo de superficie 3D usando los datos de dicha exploración 3D,

ES 2 317 265 T3

indicar marcas anatómicas en dicho modelo de superficie 3D y realizar dicho análisis cefalométrico y/o antropométrico usando dichas marcas anatómicas.

Una exploración 3D del paciente es la entrada al sistema. El volumen de imagen se compone de los denominados “vóxeles”, es decir, elementos de volumen que contienen cada uno un valor (por ejemplo, un valor de gris). Los vóxeles con forma de caja componen un volumen completo de imagen cuando se disponen en una matriz tridimensional. Basándose en este volumen de imagen, se construye una superficie 3D de la estructura ósea y/o la envoltura de tejido blando. Si se requiere, es posible añadir la complejidad natural (el tono y la textura naturales de la piel) de la cara a la superficie de piel generada a partir de los datos de TAC, añadiendo la información de color de la cara. Para lograr esto, puede añadirse una superficie de piel 3D texturizada, adquirida por ejemplo, mediante una exploración con láser o fotografía 3D, y alinearse en los datos de TAC (véase el diagrama de flujo en la figura 12). Como alternativa, se adquiere una serie de fotos 2D y alineando el modelo de superficie de piel procedente del TAC con la vista de la foto 2D, se transfiere la textura.

En una etapa inicial, el médico define o selecciona el tipo de análisis. Un análisis cefalométrico realiza mediciones al nivel del cráneo del paciente. Un análisis antropométrico realiza mediciones al nivel de la piel del paciente. La presente invención permite definir diversos análisis cefalométricos y antropométricos o incluso una combinación de ambos. El tipo de análisis determina las marcas anatómicas que debe indicar el médico y las mediciones que se calculan.

Antes de indicar estas marcas, el médico ha colocado virtualmente al paciente para producir un cefalograma lateral (véase la figura 1), y preferiblemente se instala un marco de referencia anatómico (figura 2) volviendo a poner el sistema de coordenadas de los datos de TAC. También, se genera opcionalmente un cefalograma frontal.

El marco de referencia anatómico es un sistema de coordenadas adscrito a puntos de referencia anatómicos. Este marco de referencia consiste en un plano horizontal, medio y vertical (figura 2). Con este marco de referencia, las direcciones ascendente/descendente e izquierda/derecha se relacionan con la anatomía del paciente. En consecuencia, la instalación de tal marco de referencia anatómico permite una fácil navegación dentro de las imágenes virtuales.

En una realización particular, el sistema construye tal marco de referencia relevante anatómico tras haber indicado el médico las siguientes marcas anatómicas:

1. dos marcas simétricas a izquierda/derecha: por ejemplo, la sutura frontocigomática izquierda y derecha.

2. Nasión

3. Silla. El plano horizontal está definido por la dirección definida en 1, junto con la dirección nasión-silla y discurre a través de la silla. El plano medio es perpendicular al plano horizontal, contiene la dirección izquierda/derecha y discurre a través de la silla. El plano vertical es perpendicular al plano medio y el plano horizontal y discurre a través de la silla. Puede definirse otro marco de referencia basándose en la superficie de la piel sola:

1. dos marcas simétricas a izquierda/derecha: por ejemplo, las pupilas,

2. con una vista lateral de la cabeza, la dirección de las pupilas tangente al límite superior de la oreja,

3. un punto de tejido blando en la línea media facial, por ejemplo, en el punto de nasión de tejido blando (nasión-s).

El plano horizontal está definido por las direcciones definidas en 1 y 2, discurre a través del nasión-s. El plano medio es perpendicular al plano horizontal, y contiene la dirección definida por 2, y discurre a través de nasión-s. El plano vertical es perpendicular al plano horizontal y medio, y discurre a través de nasión-s.

En una siguiente etapa, se indican las marcas anatómicas del análisis. Las marcas son puntos anatómicos característicos en tejidos duros o tejidos blandos. Las marcas pueden indicarse sobre el modelo de superficie o sobre el cefalograma 2D (véase la figura 3). Puntos anatómicos seleccionados pueden determinar un plano anatómico, que debe considerarse como una de las marcas anatómicas.

Finalmente, se calculan las mediciones (distancias o ángulos) del análisis y preferiblemente se genera un informe. Puede ajustarse la posición de las marcas. Las posibles mediciones comprenden:

- ángulos entre planos (por ejemplo, la inclinación del plano de Frankfurter con el plano horizontal del marco de referencia),

- ángulos entre puntos proyectados,

- distancias lineales entre dos marcas. Esto puede ser la distancia real entre puntos o la distancia de los puntos proyectados sobre los planos de referencia: las distancias de la altura, la anchura y la profundidad entre dos puntos,

ES 2 317 265 T3

- distancia de una marca a los planos de referencia,
- mediciones proporcionales que calculan la proporción entre dos mediciones. La figura 4 muestra un ejemplo de resultados de análisis.

5

Pueden definirse varios tipos de análisis cefalométricos. En la organización de un tipo específico de análisis cefalométrico se definen preferiblemente los siguientes elementos:

- si se usan o no los marcos de referencia, y en caso afirmativo, cuáles,
- se definen varias mediciones entre marcas anatómicas o planos anatómicos. Si una marca para una medición no está ya definida en el sistema, ha de definirse una nueva marca. También pueden generarse imágenes por rayos X virtuales extra, orientadas libremente.

10

15 Con el fin de preparar eficazmente la recolocación de fragmentos óseos, deben lograrse los siguientes requisitos para un sistema de planificación de cirugía ortognática:

- el sistema de planificación debe permitir la recolocación de los fragmentos óseos con respecto a un marco de referencia definido anatómicamente y con respecto a referencias de rotación/traslación definidas anatómicamente, y
- debe visualizar los resultados de cualquier recolocación. Preferiblemente, se visualizan los efectos de cualquier recolocación a nivel del esqueleto así como a nivel de los tejidos blandos.

20

25 En las soluciones de la técnica anterior, la mayoría de los médicos realizan una planificación usando cefalogramas 2D en combinación con vaciados dentales. Sin embargo, como un cefalograma 2D es una imagen en proyección, se pierde información 3D, mientras que los moldes dentales sólo proporcionan información 3D en una zona muy limitada de la cabeza y no proporcionan información sobre el tejido blando.

25

30 Cuando se prepara la recolocación de un fragmento óseo, puede obtenerse información adicional útil usando el análisis cefalométrico 3D descrito anteriormente (figura 5). Usando la información del análisis cefalométrico, el usuario (normalmente, un cirujano) puede recolocar fragmentos óseos de manera virtual. Como ejemplo, la figura 6 muestra el resultado de una recolocación maxilar virtual. Pueden simularse diferentes tipos de traslación y rotación con respecto a las marcas por medio del sistema de planificación computerizado. Por ejemplo, puede definirse una rotación alrededor de un eje o una traslación a lo largo de una dirección como la intersección entre dos planos o siendo perpendicular a un plano o puede definirse mediante dos marcas.

35

Para producir una manera fácil de trabajar, el usuario puede predefinir en el sistema de planificación de cirugía ortognática computerizado diversos tipos de cirugía, tales como avance maxilar, avance mandibular, ensanchamiento mandibular, etc. Cuando elige un tipo de cirugía, aparece una interfaz de usuario que le pide que realice varias tareas. Al final, el cirujano puede introducir parámetros quirúrgicos específicos y se mueven en consecuencia los fragmentos óseos (figura 7). La figura 7 muestra parámetros para el movimiento del maxilar superior con respecto al marco de referencia definido anatómicamente. Se actualizan las marcas en consecuencia y se representa el movimiento de las marcas con respecto a su posición original (figura 8). Con el fin de aumentar la flexibilidad de las herramientas de recolocación ósea en el sistema de planificación, el usuario puede definir su conjunto de referencias de movimiento óseo, que observen su manera de trabajar y realizar la cirugía.

40

45

Los empastes dentales de amalgama pueden corromper imágenes por TAC a nivel de los dientes. Esto vuelve muy difícil una visualización precisa de la oclusión. Además, para examinar claramente la oclusión, son muy importantes los detalles de los dientes. Para formar imágenes de los detalles de los dientes, se requiere una exploración por TAC de muy alta resolución, y en consecuencia una alta exposición del paciente a rayos X. Sin embargo, debe evitarse exponer a un paciente a altas dosis de rayos X.

50

Con el fin de aumentar el nivel de detalle a nivel de la corona de los dientes, sin aumentar la dosis de radiación del TAC, se usa una férula 3D (figura 9) con una geometría en forma de U plana y que se ajusta en ambas de las arcadas dentales superior e inferior reales al mismo tiempo. Unida a esta parte, la férula tiene al menos una extensión. Esta extensión puede ser o bien extra-oral o bien intra-oral. La férula se produce de un material no tóxico que es casi radiotransparente. Mientras lleva esta férula, el paciente se somete a exploración por TAC. Luego, se someten a exploración por TAC los moldes de escayola del maxilar superior e inferior del paciente con la férula entre ellos (véase la figura 9). También se indican las etapas adicionales en el diagrama de flujo de la figura 14. Usando técnicas de análisis de imágenes, se extraen los rasgos de dicha extensión tanto de la exploración por TAC del paciente como de la exploración del molde. Basándose en estos rasgos, se fusionan ambos conjuntos de datos y se visualizan conjuntamente los moldes de escayola con la exploración por TAC del paciente. Un rasgo de este tipo puede ser la parte de la superficie de dicha extensión. Esto permite una planificación mediante software precisa a nivel de las coronas de los dientes. En lugar de emplear los rasgos de la extensión, podría preverse también el uso de marcadores de gutapercha (véase la figura 10). La férula contiene entonces al menos 4 marcadores de gutapercha esféricos con un diámetro de aproximadamente 1 mm. Al menos un marcador debe situarse en la extensión y no en el mismo plano que la parte en forma de U.

55

60

65

ES 2 317 265 T3

Tras finalizar la planificación virtual usando el marco de referencia cefalométrico 3D con la formación de imágenes mejorada de los dientes, se montan los moldes de escayola en un articulador. El sistema de planificación exporta los resultados de la planificación virtual al articulador con el fin de mover los moldes de escayola de la misma manera que en la planificación virtual (véase el diagrama de flujo en la figura 13). Dependiendo del tipo de articulador, puede realizarse esto modificando varios parámetros característicos según la salida de planificación, o en el caso de por ejemplo, un articulador motorizado, accionar ese articulador. En el caso en el que el modelo ha de dividirse en varios componentes, se repite el mismo procedimiento para todos los componentes. Basándose en la nueva posición de los moldes de escayola en el articulador, se producen férulas quirúrgicas físicas.

Como alternativa, las férulas quirúrgicas pueden diseñarse digitalmente. Se introduce un objeto con forma de caja o forma de U en el software y se calcula el volumen de intersección con el modelo de molde de escayola, tras lo cual se retira el objeto insertado. Entonces, se produce este objeto. Pueden aplicarse varios procedimientos de producción disponibles: por ejemplo, fresado, impresión 3D, estereolitografía, sinterización,... Usando estos procedimientos de producción, las férulas se producen directamente o si no, se produce un modelo a partir del cual puede obtenerse manualmente una férula mediante técnicas usadas de manera rutinaria.

Además, los resultados de planificación de la planificación de cirugía maxilofacial pueden exportarse a un sistema de navegación quirúrgica, tal como se indica en el diagrama de flujo de la figura 13.

Opcionalmente, el cirujano también puede trabajar al revés. El cirujano realiza una cirugía modelo (posiblemente parcial) en los moldes de escayola. Para revisar esta cirugía modelo con el resto del cráneo, se exploran mediante TAC las nuevas posiciones de los modelos. Se introduce esta exploración en el sistema de planificación por medio de alineación. Basándose en una o más partes inalteradas de los moldes de escayola actuales y los moldes de escayola originales, se alinean los modelos mediante coincidencia de las superficies y se conocen las matrices de transformación para la superficie ósea.

REIVINDICACIONES

- 5 de:
1. Procedimiento para realizar un análisis cefalométrico y/o un análisis antropométrico que comprende las etapas de:
 - adquirir una exploración 3D de la cabeza de una persona usando una modalidad de imagen médica 3D,
 - generar un modelo de superficie 3D usando los datos de dicha exploración 3D,
 - 10 - generar a partir de dicha exploración 3D al menos un cefalograma 2D, relacionándose geoméricamente dicho al menos un cefalograma 2D con dicho modelo de superficie 3D mediante dicha exploración 3D,
 - indicar marcas anatómicas al menos en dicho al menos un cefalograma 2D,
 - 15 - realizar dicho análisis cefalométrico y/o dicho análisis antropométrico usando dichas marcas anatómicas.
 2. Procedimiento para realizar un análisis cefalométrico y/o un análisis antropométrico según la reivindicación 1, en el que dicha modalidad de imagen médica es formación de imágenes por resonancia magnética o tomografía computerizada.
 3. Procedimiento para realizar un análisis según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho modelo de superficie 3D representa una superficie de una estructura ósea y/o una envoltura de tejido blando.
 4. Procedimiento para realizar un análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además la etapa de visualizar dicho al menos un cefalograma 2D generado junto con dicho modelo de superficie 3D en un escenario virtual.
 5. Procedimiento para realizar un análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además la etapa de determinar un marco de referencia a partir de puntos de referencia anatómicos en la cabeza de dicha persona.
 6. Procedimiento para realizar un análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además la etapa de generar un informe de dicho análisis cefalométrico.
 7. Procedimiento para realizar un análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además la etapa de proporcionar fotografías 2D o 3D, a partir de las cuales se obtiene una superficie de piel 3D texturizada.
 8. Procedimiento para realizar un análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho análisis comprende la determinación de distancias lineales entre dos marcas o la distancia de una marca hasta un plano de referencia.
 9. Procedimiento para realizar un análisis según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además las etapas de adquirir una exploración 3D de la cabeza de dicha persona, llevando dicha persona una férula 3D, y una exploración 3D de moldes del maxilar superior e inferior de dicha persona y que comprende además la etapa de fusionar, basándose en las características de dicha férula 3D, dicha exploración 3D de la cabeza de dicha persona, llevando dicha persona dicha férula 3D, y dicha exploración 3D de moldes del maxilar superior e inferior de dicha persona.
 10. Procedimiento para realizar un análisis según la reivindicación 9, mediante el cual los datos de dicha exploración 3D de dicha persona que lleva dicha férula 3D se usan para generar dicho modelo de superficie 3D.
 11. Procedimiento para obtener información de planificación para recolocar un fragmento óseo, que comprende las etapas de
 - 55 - realizar un análisis cefalométrico y/o un análisis antropométrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 - definir un conjunto de posiciones virtuales de dicho fragmento óseo que va a recolocarse, definiéndose dichas posiciones basándose en dichas marcas anatómicas,
 - 60 - visualizar el resultado para cada una de dichas posiciones virtuales,
 - tomar una decisión sobre cuál de dicho conjunto de posiciones virtuales de dicho fragmento óseo que va a recolocarse, va a añadirse a dicha información de planificación, basándose en dicho análisis cefalométrico y/o dicho análisis antropométrico y en dicha visualización.
 - 65
 12. Procedimiento para obtener información de planificación según la reivindicación 11, en el que dichas posiciones virtuales resultan de una traslación y/o rotación de dicho fragmento óseo.

ES 2 317 265 T3

13. Un dispositivo para análisis cefalométrico y/o análisis antropométrico, que comprende

- una unidad de cálculo dispuesta para generar a partir de los datos de la exploración 3D un modelo de superficie 3D y al menos un cefalograma 2D, relacionándose geoméricamente dicho cefalograma 2D con dicho modelo de superficie 3D mediante dichos datos de la exploración 3D,
- medios de visualización para representar dicho cefalograma 2D y/o dicho modelo de superficie 3D, y
- medios de cálculo para realizar dicho análisis basándose en marcas anatómicas proporcionadas en dicho al menos un cefalograma 2D y/o en dicho modelo de superficie 3D.

14. Un dispositivo para análisis cefalométrico y/o análisis antropométrico según la reivindicación 13, en el que dichos datos de la exploración 3D son datos de TAC o IRM.

15. Un programa, ejecutable en un dispositivo programable que contiene instrucciones, que cuando se ejecutan, realizan el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

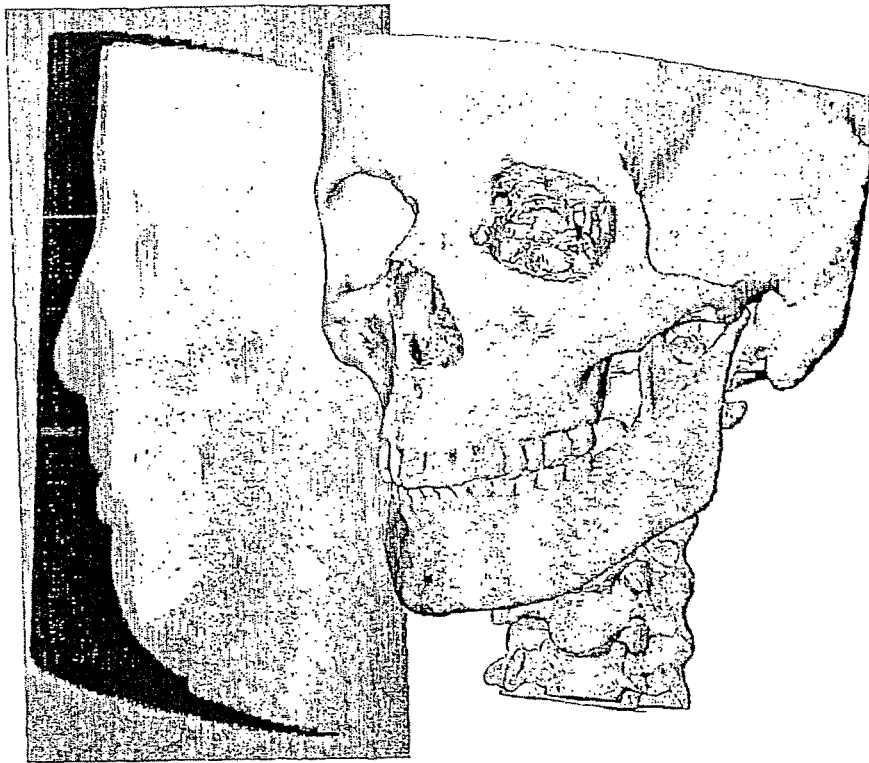


Fig. 1

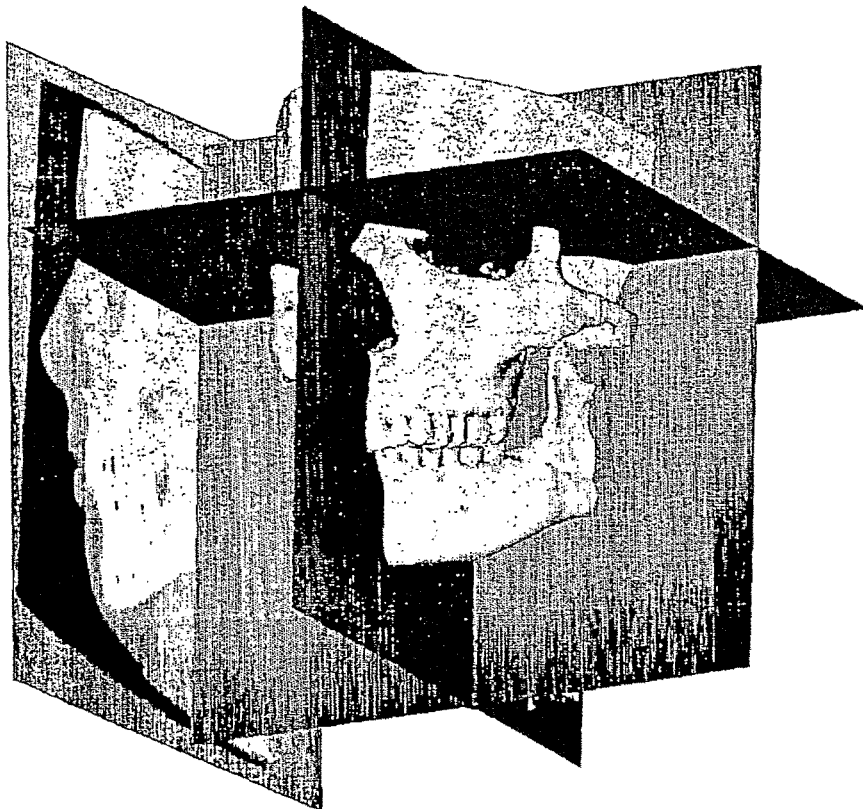


Fig. 2

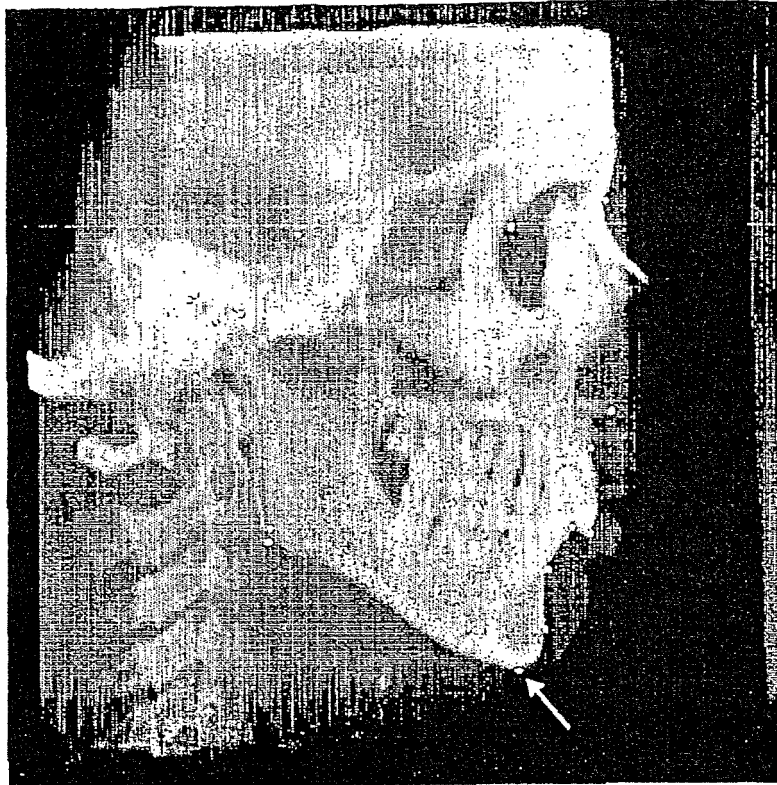


Fig. 3A

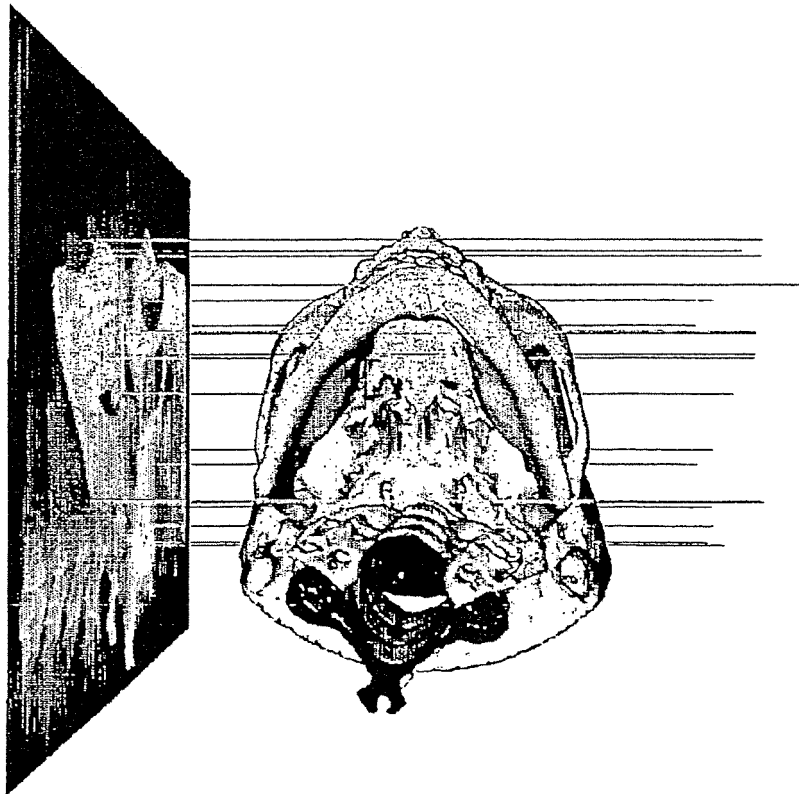


Fig. 3B

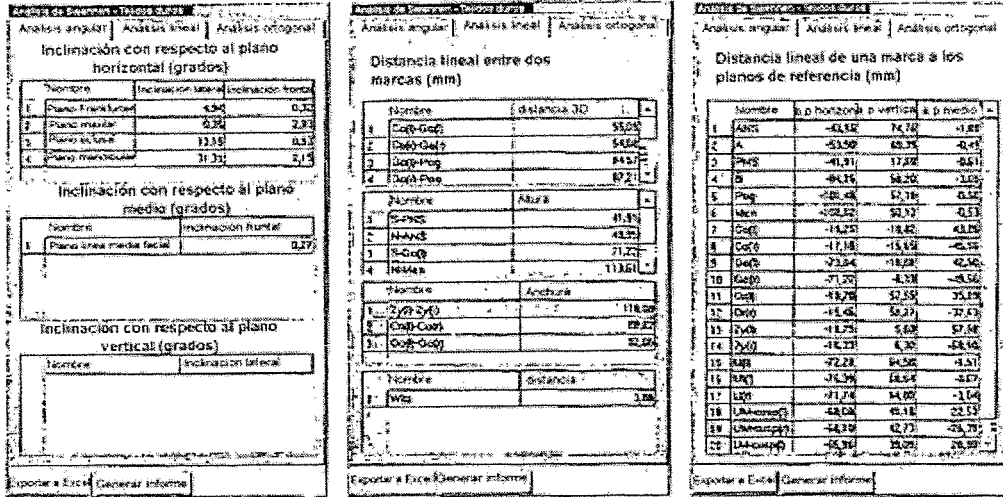


Fig. 4

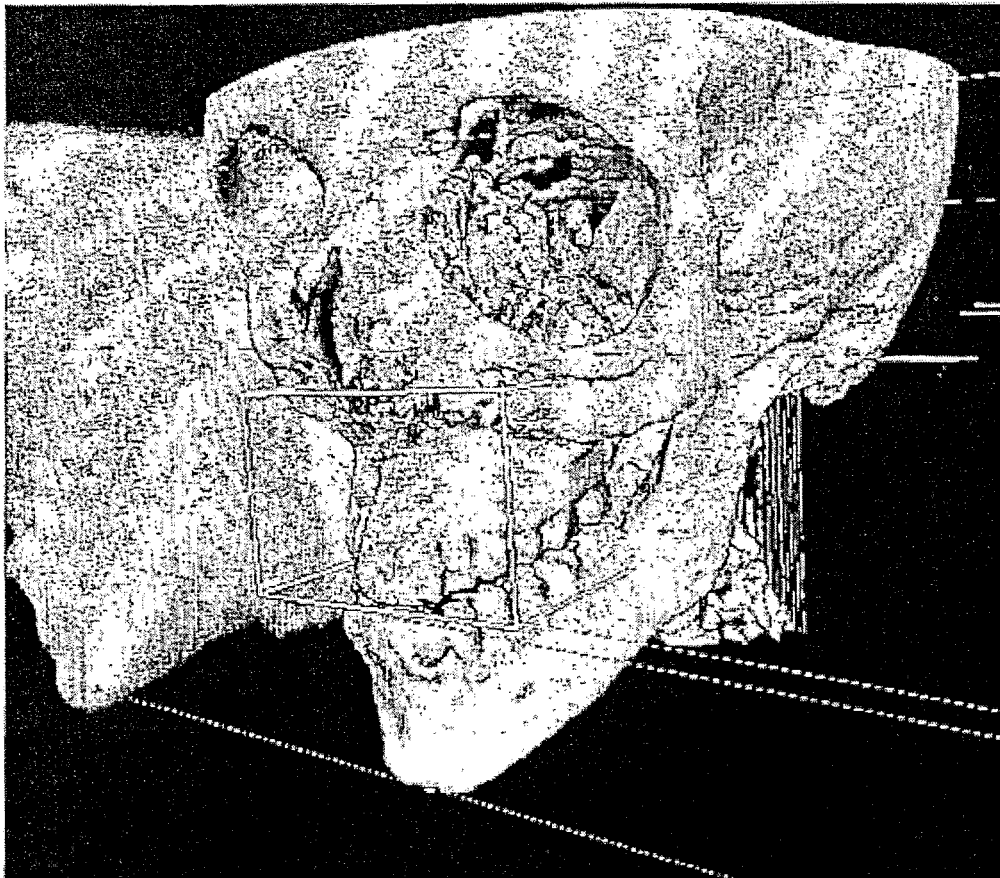


Fig. 5

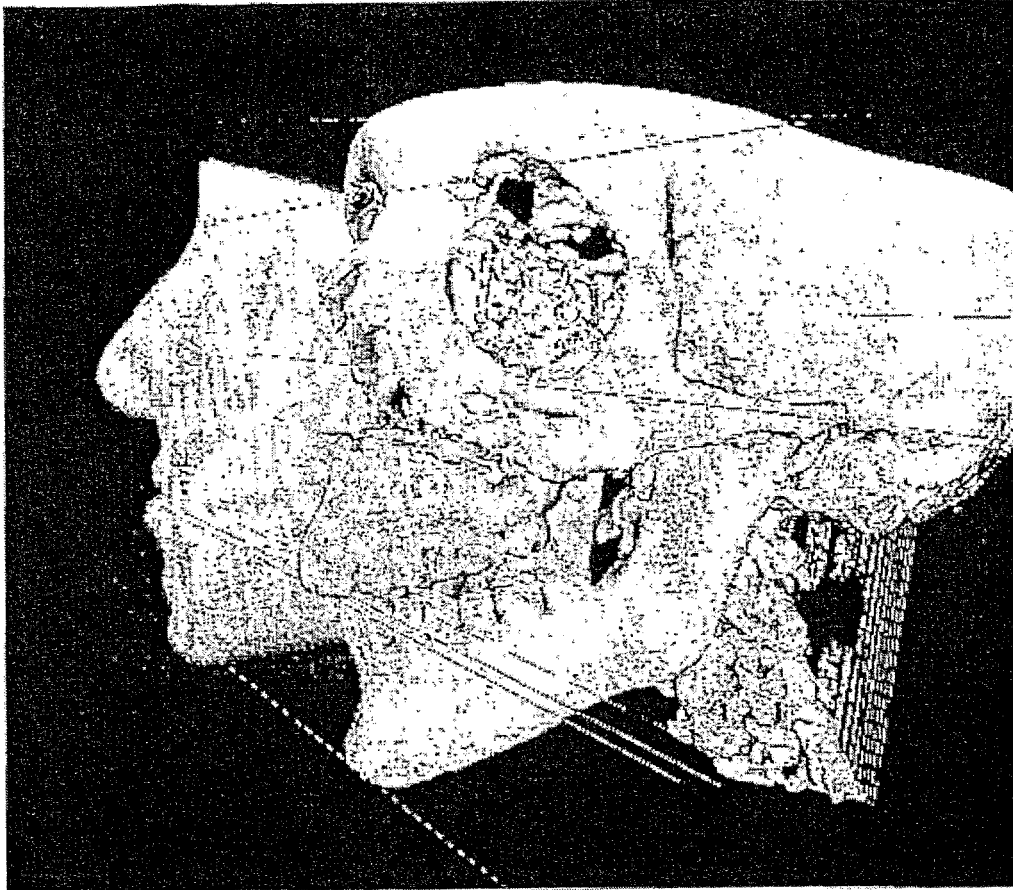


Fig 6

Cirugía de avance maxilar	
Traslación delantera: 8 mm	↔
Traslación descendente: 2 mm	↕
Intrusión: 7 grados	↻
Traslación izquierda: -3 mm	↔

Fig. 7



Fig. 8A

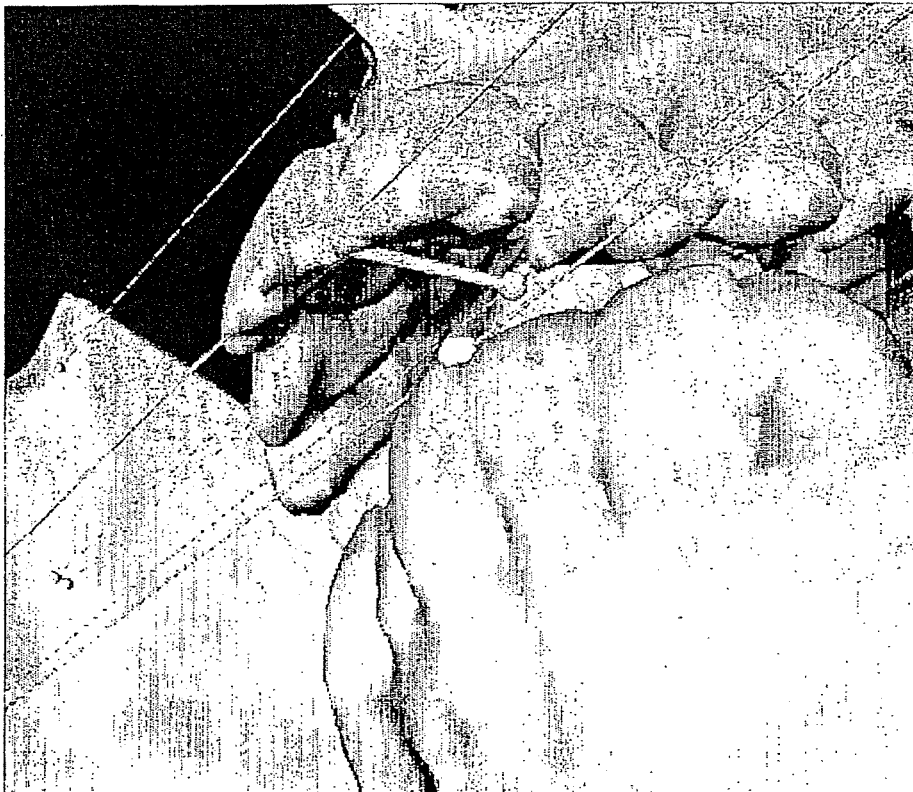


Fig. 8B

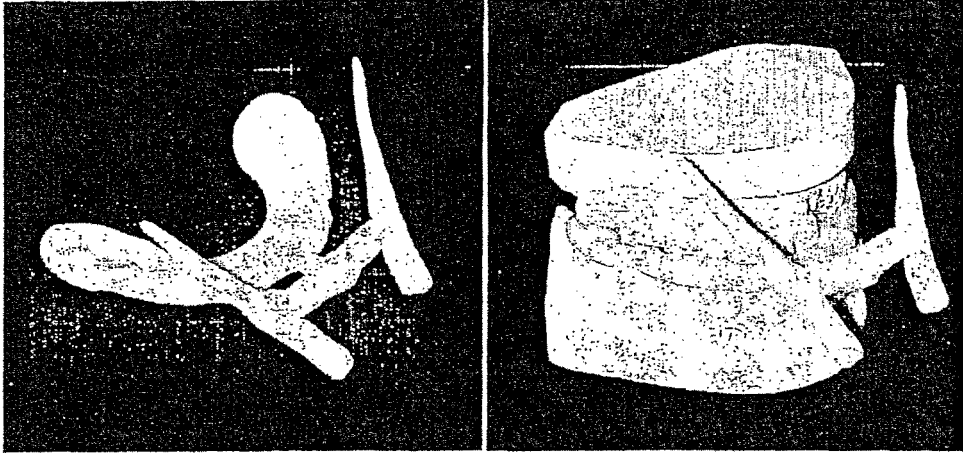


Fig. 9

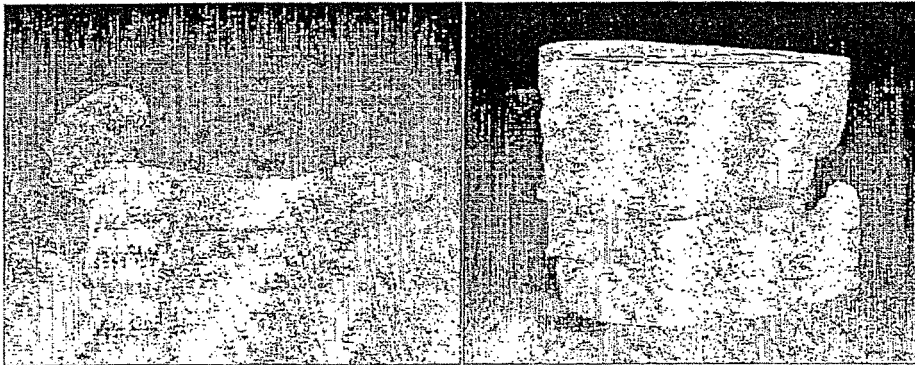


Fig 10

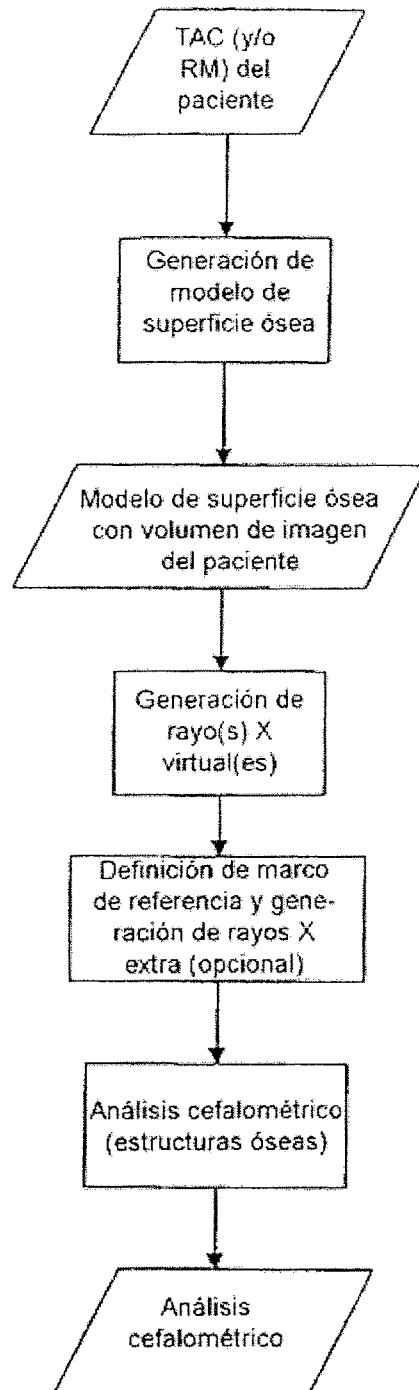


Fig 11

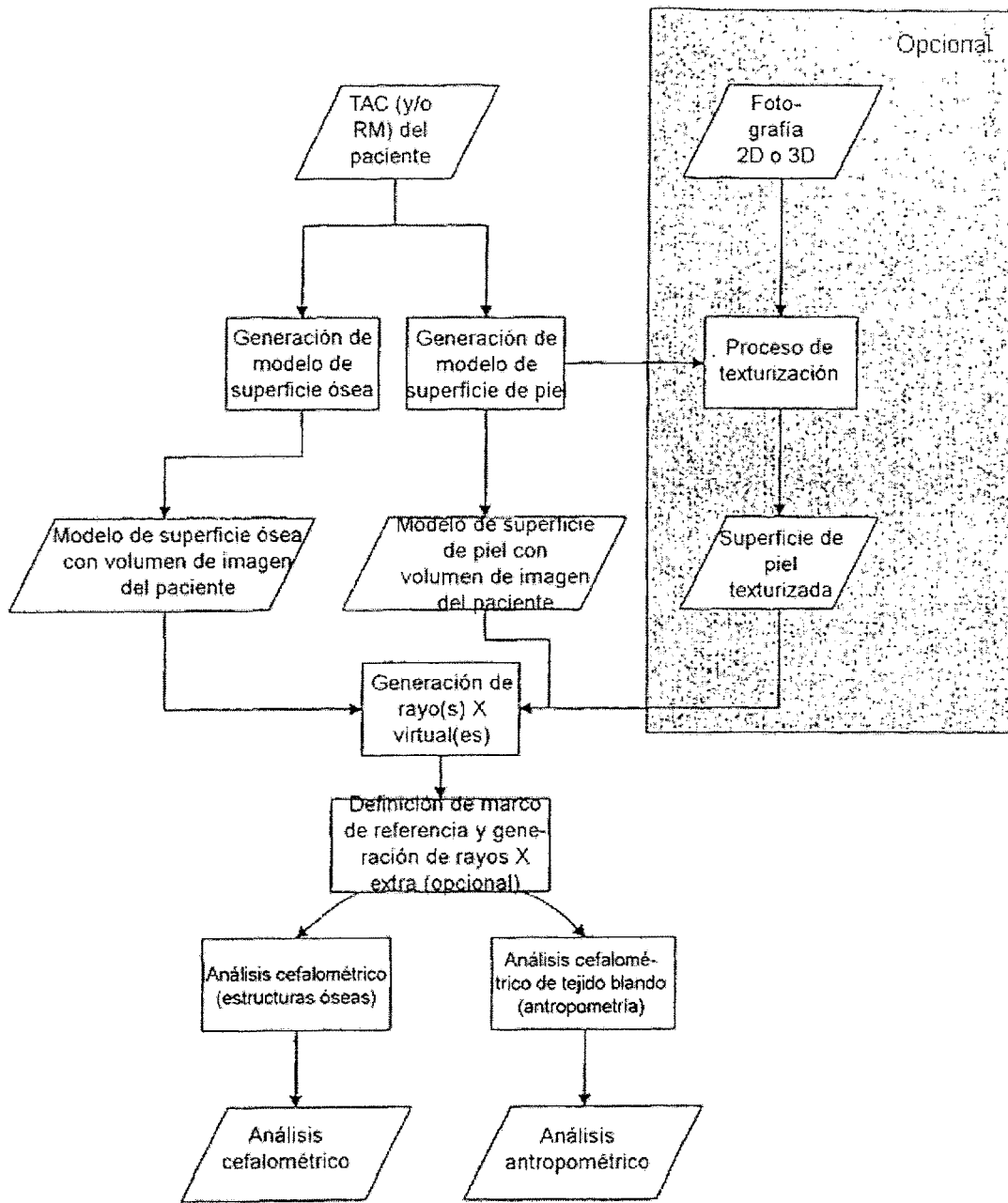


Fig.12

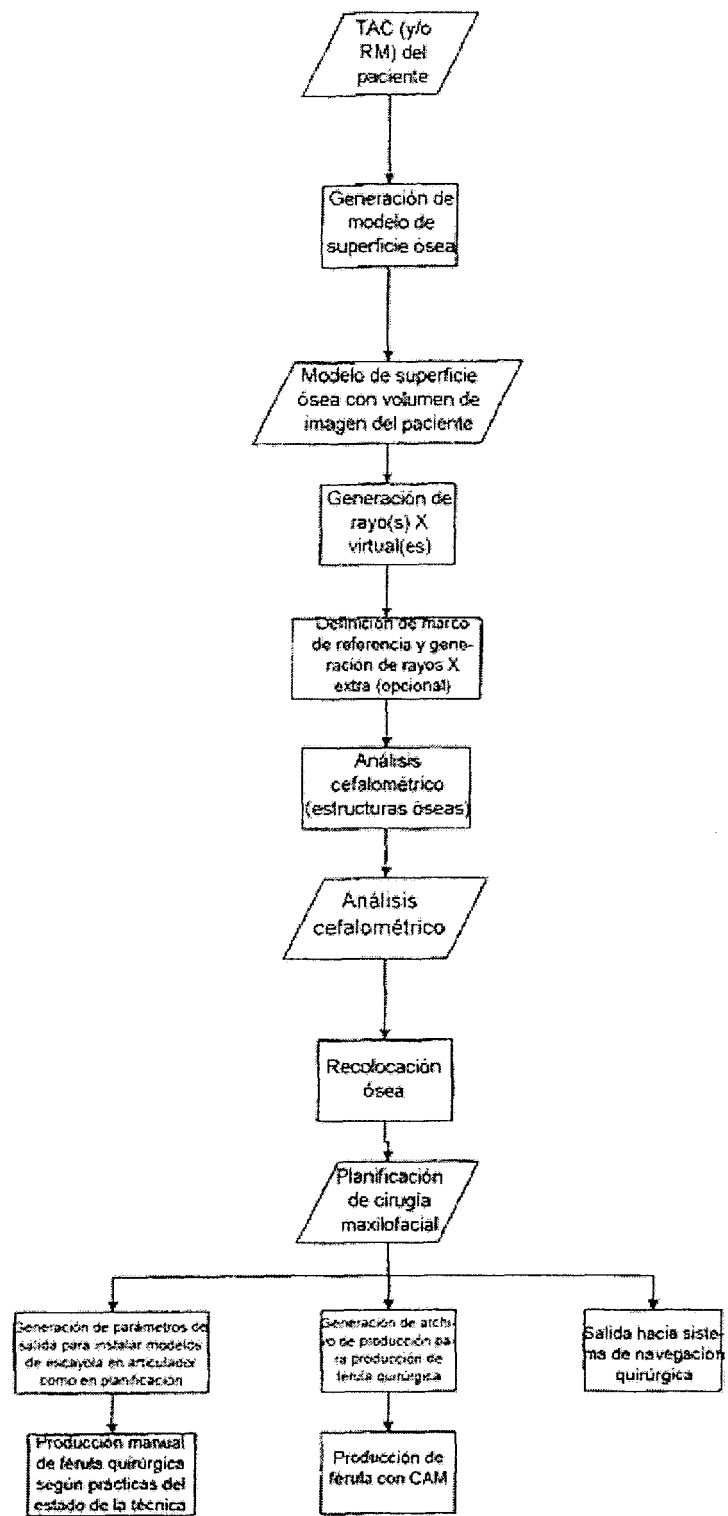


Fig 13

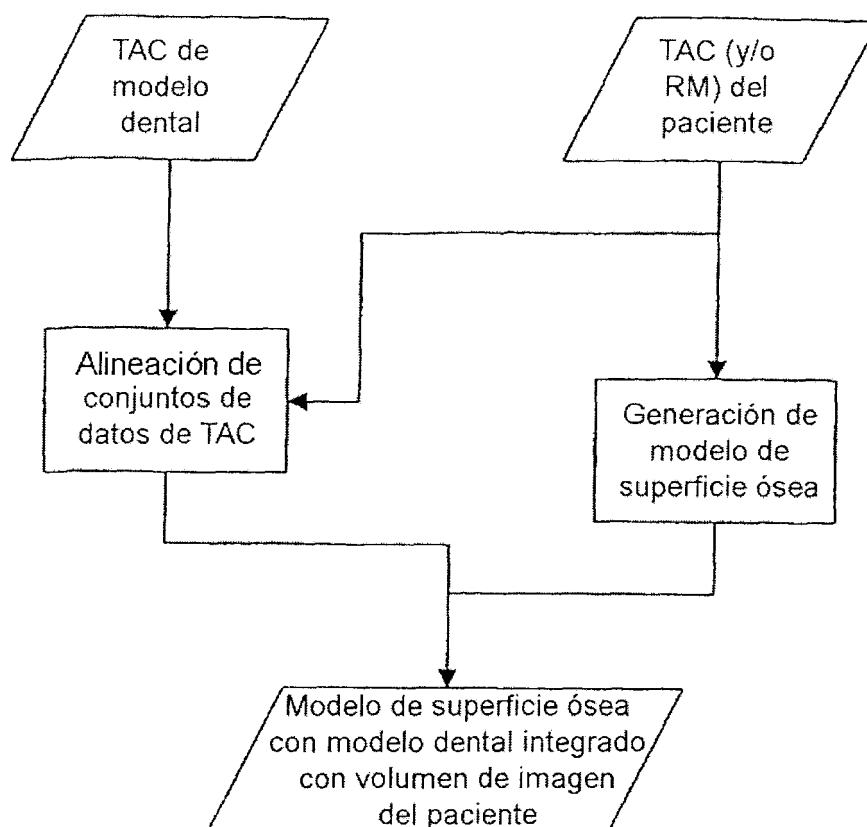


Fig. 14

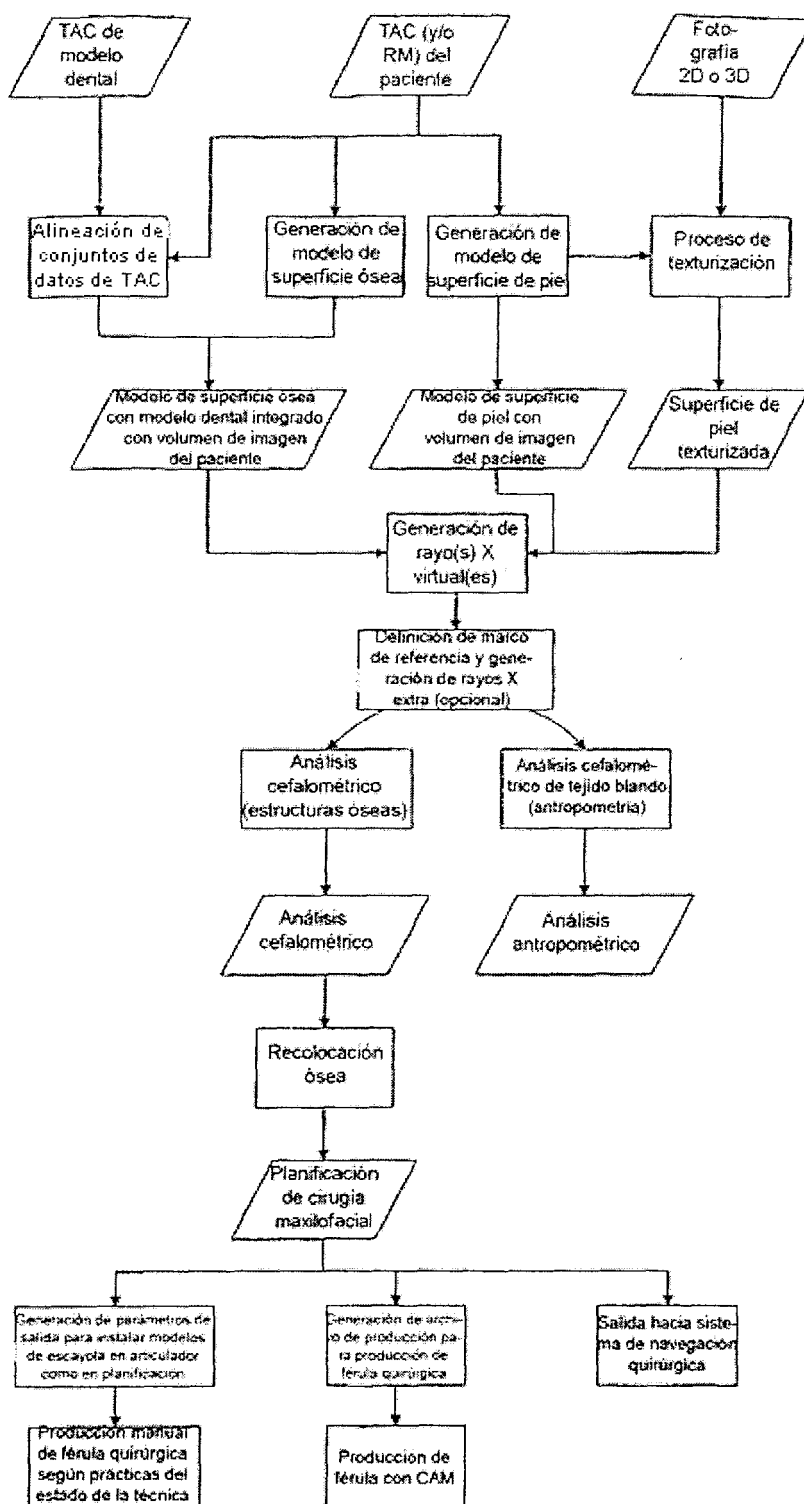


Fig. 15