

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 505**

51 Int. Cl.:

A61B 34/20	(2006.01) A61B 34/10	(2006.01)
A61C 8/00	(2006.01) A61B 90/30	(2006.01)
A61C 3/02	(2006.01) A61B 90/00	(2006.01)
A61C 9/00	(2006.01)	
A61B 17/00	(2006.01)	
A61B 1/00	(2006.01)	
A61B 6/14	(2006.01)	
A61B 1/24	(2006.01)	
A61C 1/08	(2006.01)	
A61C 1/12	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2013 PCT/EP2013/070553**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2015 WO15048994**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2013 E 13773704 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017 EP 3062726**

54 Título: **Sistema de navegación y método para cirugía dental y craneomaxilofacial**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.04.2018

73 Titular/es:
**MININAVIDENT AG (100.0%)
Hochbergerstrasse 60C
4057 Basel, CH**

72 Inventor/es:
**ZEILHOFER, HANS-FLORIAN;
JÜRGENS, PHILIPP;
SCHKOMMODAU, ERIK y
BERLINGHOFF, FRANK**

74 Agente/Representante:
MARTÍN BADAJOZ, Irene

ES 2 665 505 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

Sistema de navegación y método para cirugía dental y craneomaxilofacial

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un sistema de navegación para cirugía dental y craneomaxilofacial que comprende un miembro marcador y a un método de navegación que usa este sistema de navegación.

10 Técnica anterior

En 2012 se llevaron a cabo aproximadamente 5 millones de procedimientos de implantes dentales en Europa. Aproximadamente el 18% de estos procedimientos se realizaron con el uso de software de planificación de tratamiento y aproximadamente el 4% de estos procedimientos usaron plantillas de perforación mecánica como herramienta para la cirugía guiada.

El uso de tales plantillas de perforación todavía es limitado porque la producción de las mismas es compleja, lleva mucho tiempo (aproximadamente de 3 a 10 días) y es costosa (aproximadamente de 300 a 700 euros por plantilla). Además, la precisión global con las plantillas de perforación se limita a aproximadamente de 1 a 2 mm y la situación ergonómica para el cirujano no es satisfactoria, debido al problema de la visión bloqueada durante la cirugía.

El documento EP 2 236 104 B1 divulga un método y un dispositivo para navegación médica en los que se determina la relación posicional de un instrumento con respecto a una parte del cuerpo de un paciente.

El dispositivo comprende una salida de imágenes en la que se visualizan el instrumento y la parte del cuerpo del paciente en la relación posicional correcta, y un procesador de imágenes que genera una visualización de la parte del cuerpo del paciente basándose en datos de imágenes virtuales capturados por medio de un método de obtención de imágenes médico y basándose en las imágenes reales capturadas durante la navegación. El dispositivo comprende además un control de visualización de imágenes que visualiza los datos de imágenes virtuales en la salida de imágenes principalmente y como base de la imagen, en el que las imágenes reales se superponen sobre los datos de imágenes virtuales simplemente como adición y de manera secundaria.

Las imágenes reales se proporcionan mediante una unidad de captura de imágenes de vídeo que está dispuesta de manera fija en el instrumento. La relación posicional del instrumento con respecto a la parte del cuerpo del paciente se determina por un sistema de seguimiento estacionario que tiene dos cámaras y dos conjuntos de referencia, estando situado un conjunto en la parte del cuerpo del paciente y estando situado el otro conjunto en el instrumento. Con el fin de detectar esta relación posicional en cualquier momento durante la cirugía, los dos conjuntos de referencia siempre tienen que estar dentro del campo de visión del sistema de seguimiento.

Sin embargo, el uso del sistema de seguimiento y los dos conjuntos de referencia hace que el dispositivo anterior sea complejo. Además, la necesidad de dos conjuntos de referencia que están ubicados constantemente dentro del campo de visión del sistema de seguimiento estacionario impone limitaciones a la aplicabilidad del dispositivo. Específicamente, en la cirugía dental y craneomaxilofacial, en particular, en aplicaciones intrabucales, en las que la zona que va a tratarse está dispuesta dentro de la cavidad bucal del paciente, esta necesidad puede ser difícil o incluso imposible de cumplir, al menos durante toda la intervención quirúrgica.

Por tanto, sigue habiendo la necesidad de un sistema de navegación y un método de navegación para cirugía dental y craneomaxilofacial que permitan la navegación quirúrgica precisa de una manera sencilla y fiable.

El documento WO 2013/052187 A2 divulga un dispositivo de seguimiento en herramienta para realizar un seguimiento y proporcionar orientación durante la cirugía asistida por ordenador usando un instrumento quirúrgico. El dispositivo de seguimiento en herramienta tiene un alojamiento que incluye un par de cámaras. El campo de visión de la cámara puede alterarse física o electrónicamente dependiendo del campo de visión deseado necesario para realizar la intervención de cirugía asistida por ordenador que usará el dispositivo de seguimiento en herramienta.

El documento US 2012/0015329 A1 divulga una herramienta dental que tiene un primer marcador visible ópticamente unido a la misma. Un segundo marcador visible ópticamente se une a una estructura, tal como un diente, dentro de la boca de un sujeto. Dos o más cámaras de herramienta están acopladas a la herramienta en una posición fija con respecto a la herramienta.

El documento WO 2006/131373 A2 divulga un dispositivo para la determinación y medición sin contacto de una posición espacial y/u orientación espacial de cuerpos que usa un sistema de seguimiento, por medio del cual los cuerpos se ubican y se llevan en relación entre sí, siendo móvil el sistema de seguimiento, o al menos componentes o módulos del mismo.

El documento DE 20 2011 005 573 U1 divulga un dispositivo para la fijación al cuerpo o partes del cuerpo humano, en particular para la unión de componentes médicos, marcadores o instrumentos quirúrgicos. El dispositivo comprende un elemento de colada que puede colocarse sobre la superficie corporal. El elemento de colada tiene al menos una capa adhesiva.

5

Sumario de la invención

Un objeto de la invención es proporcionar un sistema de navegación y un método de navegación para cirugía dental y craneomaxilofacial que permiten la navegación quirúrgica precisa de una manera sencilla y fiable.

10

Estos objetivos se logran mediante un sistema de navegación con las características técnicas según la reivindicación 1 y un método de navegación con las características según la reivindicación 12. Las realizaciones preferidas de la invención se desprenden de las reivindicaciones dependientes.

15

La invención proporciona un sistema de navegación para cirugía dental y craneomaxilofacial que comprende una pieza de mano o instrumento quirúrgico, y una unidad de obtención de imágenes que está unida de manera móvil a la pieza de mano o el instrumento quirúrgico, y un miembro marcador que puede unirse a un hueso craneal, un hueso facial, un diente o dientes de un paciente.

20

El miembro marcador comprende una pluralidad de elementos marcadores, tales como líneas de referencia y/o puntos de referencia, que son detectables por la unidad de obtención de imágenes.

25

La pluralidad de elementos marcadores pueden ser elementos separados o elementos que están conectados o unidos entre sí al menos parcialmente. Los elementos marcadores pueden proporcionarse en el miembro marcador para estar separados entre sí. Los elementos marcadores pueden proporcionarse en el miembro marcador de modo que al menos algunos o todos los elementos marcadores están conectados o unidos entre sí al menos parcialmente, por ejemplo, para formar un patrón continuo, tal como un patrón óptico.

30

La unidad de obtención de imágenes está unida, montada o instalada de manera móvil a la pieza de mano o el instrumento quirúrgico, para poder moverse en relación con la pieza de mano o el instrumento quirúrgico. La unidad de obtención de imágenes puede moverse, por tanto, independientemente de la pieza de mano quirúrgica.

35

La unidad de obtención de imágenes puede unirse de manera móvil a la pieza de mano o el instrumento quirúrgico para poder moverse de manera continua, por ejemplo, de manera progresiva, en relación con la pieza de mano o el instrumento. La unidad de obtención de imágenes puede unirse de manera móvil a la pieza de mano o el instrumento quirúrgico para poder moverse en relación con la pieza de mano o el instrumento en etapas o fases diferenciadas.

40

El miembro marcador puede unirse, montarse, fijarse, instalarse o sujetarse a un componente del cráneo, la cabeza ósea o los dientes del paciente, tal como un hueso craneal, un hueso facial, un diente o una pluralidad de dientes. El miembro marcador está configurado, por tanto, de modo que puede unirse, montarse, fijarse, instalarse o sujetarse a un hueso craneal, un hueso facial, un diente o dientes del paciente. Antes de comenzar una intervención quirúrgica, el miembro marcador se une al hueso craneal, el hueso facial, el diente o los dientes del paciente en la zona en que va a realizarse la cirugía.

45

La unidad de obtención de imágenes está configurada para obtener o proporcionar datos de imágenes, es decir, datos de imágenes de la zona en la que se realiza cirugía, en particular, para obtener o proporcionar datos de imágenes de la zona de cirugía en tiempo real. De este modo, los datos de imágenes de la zona de cirugía pueden proporcionarse en tiempo real, ayudando de ese modo al cirujano durante la intervención quirúrgica de manera precisa.

50

La unidad de obtención de imágenes está configurada para detectar la pluralidad de elementos marcadores del miembro marcador. Durante la cirugía, los elementos marcadores se detectan por la unidad de obtención de imágenes. Puesto que la unidad de obtención de imágenes está unida a la pieza de mano o el instrumento quirúrgico y el miembro marcador que comprende los elementos marcadores está unido al hueso craneal, el hueso facial, el diente o dientes en la zona en la que se realiza cirugía, la detección de los elementos marcadores por la unidad de obtención de imágenes permite que la posición de la pieza de mano o el instrumento en relación con la zona de cirugía se determine con exactitud.

55

60

En particular, puesto que la unidad de obtención de imágenes está unida de manera móvil a la pieza de mano o el instrumento quirúrgico, la unidad de obtención de imágenes puede moverse en relación con la pieza de mano o el instrumento, de modo que puede garantizarse un contacto sustancialmente permanente, por ejemplo, contacto visual, entre la unidad de obtención de imágenes y los elementos marcadores en cualquier momento durante la cirugía. De este modo, puede asegurarse que los elementos marcadores del miembro marcador se detecten de manera sustancialmente constante por la unidad de obtención de imágenes durante toda la intervención quirúrgica.

65

Si se determina que la pluralidad de elementos marcadores no se detectan por la unidad de obtención de imágenes, la unidad de obtención de imágenes puede moverse en relación con la pieza de mano o el instrumento quirúrgico hasta una posición en la que la unidad de obtención de imágenes detecta la pluralidad de elementos marcadores.

5 Por tanto, el sistema de navegación de la invención permite la navegación precisa durante la cirugía dental y craneomaxilofacial de una manera sencilla y fiable.

Además, la unión móvil de la unidad de obtención de imágenes a la pieza de mano o el instrumento quirúrgico mejora considerablemente la ergonomía para el cirujano. En particular, puesto que la unidad de obtención de imágenes puede moverse en relación con e independientemente de la pieza de mano o el instrumento, el cirujano puede operar libremente la pieza de mano o el instrumento sin riesgo de perder el contacto entre la unidad de obtención de imágenes y los elementos marcadores.

10 Debido al logro de la navegación precisa durante la cirugía y la ergonomía mejorada para el cirujano, se potencian significativamente la seguridad clínica y el desenlace clínico. Puesto que no hay necesidad de producción de guías de perforación mecánica, los costes para la intervención quirúrgica pueden reducirse significativamente.

El sistema de navegación puede usarse de manera particularmente ventajosa en aplicaciones intrabucales, tales como extracción o reemplazo de dientes, implantes dentales, etc. En tales aplicaciones, la zona de cirugía se dispone dentro de la cavidad bucal del paciente. Además, al menos durante un tiempo sustancial durante la cirugía, también una parte de la pieza de mano o el instrumento quirúrgico se dispone en esta cavidad. La posición relativa de la pieza de mano o el instrumento y la zona de cirugía es, por tanto, difícil de monitorizar desde el exterior de la cavidad, por ejemplo, mediante el uso de sistemas de seguimiento convencionales. Este problema se supera mediante el uso de la unidad de obtención de imágenes unida de manera móvil y el miembro marcador del sistema de navegación inventivo.

Además, debido al espacio limitado disponible para el cirujano en las aplicaciones intrabucales, la ergonomía mejorada lograda por el sistema de navegación de la invención es particularmente beneficiosa.

20 La unidad de obtención de imágenes puede estar configurada para moverse en relación con la pieza de mano o el instrumento quirúrgico para mantener el contacto de manera sustancialmente constante o permanente, por ejemplo, el contacto visual, con la pluralidad de elementos marcadores, en particular, durante el uso del sistema de navegación.

30 El sistema de navegación puede comprender un sensor y/o detector para captar o detectar si los elementos marcadores se detectan por la unidad de obtención de imágenes.

El sistema de navegación puede comprender un actuador o elemento de accionamiento para mover la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza de mano o el instrumento quirúrgico.

40 El actuador o elemento de accionamiento puede estar configurado para mover la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza de mano o el instrumento quirúrgico hasta una posición en la que la unidad de obtención de imágenes detecta la pluralidad de elementos marcadores, por ejemplo, si se determina, por ejemplo, se capta o se detecta por el sensor y/o detector, que la pluralidad de elementos marcadores no se detectan por la unidad de obtención de imágenes.

El sistema de navegación puede comprender una sola unidad de obtención de imágenes o una pluralidad de unidades de obtención de imágenes, tales como dos, tres, cuatro o más unidades de obtención de imágenes. Las unidades de obtención de imágenes pueden estar dispuestas en diferentes posiciones en la pieza de mano o el instrumento quirúrgico, por ejemplo, a lo largo de la longitud y/o alrededor de la circunferencia de la pieza de mano o el instrumento quirúrgico.

50 La unidad de obtención de imágenes puede comprender una o más unidades de cámara, por ejemplo, una o más unidades de cámara estereoscópica, y/o uno o más escáneres 3D, tales como escáneres láser, o similares. La unidad de obtención de imágenes puede ser capaz de obtener imágenes, es decir, obtener o proporcionar datos de imágenes, en el espectro de luz visible y/o infrarrojo. La unidad de obtención de imágenes puede estar configurada para obtener o proporcionar datos de imágenes tridimensionales de la zona de cirugía.

60 El escáner 3D puede ser un escáner de superficie 3D. El escáner de superficie 3D puede estar configurado para escanear ópticamente la superficie de la zona en la que se realiza cirugía, por ejemplo, la superficie de un hueso craneal, un hueso facial, un diente o dientes del paciente. De este modo, la posición del paciente puede monitorizarse de una manera particularmente precisa y fiable.

La unidad de obtención de imágenes puede unirse de manera retirable a la pieza de mano o el instrumento quirúrgico. En este caso, la unidad de obtención de imágenes puede retirarse o separarse de la pieza de mano o el instrumento quirúrgico. Mediante el uso de una configuración modular de este tipo de la unidad de obtención de

imágenes y la pieza de mano o el instrumento quirúrgico, la unidad de obtención de imágenes puede unirse a y usarse en combinación con diferentes piezas de mano o instrumentos quirúrgicos. Por tanto, una sola unidad de obtención de imágenes puede usarse para una variedad de diferentes intervenciones quirúrgicas, reduciendo de ese modo adicionalmente los costes de la cirugía.

5 El sistema de navegación puede comprender además una fuente de luz, tal como un LED, un puntero láser o similar, que puede estar dispuesto en la unidad de obtención de imágenes, por ejemplo, para iluminar los elementos marcadores del miembro marcador. De este modo, puede mejorarse adicionalmente el procedimiento de detección de los elementos marcadores por la unidad de obtención de imágenes.

10 La unidad de obtención de imágenes puede bloquearse o detenerse en relación con la pieza de mano quirúrgica en una pluralidad de posiciones diferentes en relación con la pieza de mano quirúrgica. Por ejemplo, la unidad de obtención de imágenes puede bloquearse en una pluralidad de posiciones longitudinales y/o laterales y/o angulares diferentes en relación con la pieza de mano quirúrgica. El sistema de navegación puede comprender un elemento de bloqueo o detención para bloquear o detener la unidad de obtención de imágenes en la pluralidad de posiciones en relación con la pieza de mano quirúrgica.

15 La unidad de obtención de imágenes puede bloquearse o detenerse en una pluralidad de posiciones diferenciadas o continuas en relación con la pieza de mano quirúrgica. En particular, la unidad de obtención de imágenes puede unirse de manera móvil a la pieza de mano quirúrgica para poder moverse de manera continua, por ejemplo, progresiva, en relación con la pieza de mano y para poder bloquearse en cada posición que puede lograrse en relación con la pieza de mano.

20 Mediante el bloqueo o la detención de la unidad de obtención de imágenes en una posición en relación con la pieza de mano quirúrgica, es decir, el bloqueo o la detención de la unidad de obtención de imágenes de modo que se inmoviliza en relación con la pieza de mano, la unidad de obtención de imágenes puede mantenerse de manera estable o robusta en una posición bien definida en relación con la pieza de mano.

25 Una disposición de este tipo permite una medición o detección particularmente precisa de la posición de la pieza de mano quirúrgica en relación con los elementos marcadores del miembro marcador.

30 La unidad de obtención de imágenes puede estar configurada para moverse en relación con la pieza de mano quirúrgica sólo si se determina que la pluralidad de elementos marcadores no se detectan por la unidad de obtención de imágenes. En este caso, la unidad de obtención de imágenes puede estar configurada para moverse en relación con la pieza de mano quirúrgica hasta una posición en la que la unidad de obtención de imágenes detecta la pluralidad de elementos marcadores y para bloquearse o detenerse en esta posición.

35 El sistema de navegación comprende además una unidad de sensor y/o detector para captar o detectar la posición de la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza de mano quirúrgica. De este modo, puede determinarse la posición de la pieza de mano quirúrgica en relación con los elementos marcadores del miembro marcador de una manera particularmente precisa y fiable. La unidad de sensor y/o detector puede ser cualquier tipo de sensor y/o detector capaz de realizar detección de posición, tal como un sensor o detector piezoeléctrico.

40 La unidad de sensor y/o detector puede estar configurada para detectar la posición de la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza de mano quirúrgica de una manera diferenciada, es decir, para una pluralidad de posiciones diferentes diferenciadas, o de una manera continua, es decir, para una pluralidad de posiciones diferentes continuas. La unidad de sensor y/o detector puede estar configurada para detectar una posición longitudinal y/o lateral y/o angular de la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza de mano quirúrgica.

45 La unidad de obtención de imágenes puede unirse de manera deslizante, pivotante y/o rotatoria a la pieza de mano quirúrgica, para poder deslizarse, pivotar y/o rotar, respectivamente, en relación con la pieza de mano quirúrgica.

50 La unidad de obtención de imágenes puede ser deslizante, pivotante y/o rotatoria en relación con la pieza de mano quirúrgica en una o más direcciones lineales y/o angulares. La unidad de obtención de imágenes puede ser deslizante a lo largo de una longitud de la pieza de mano quirúrgica y/o a lo largo de una dirección perpendicular a la longitud, es decir, el eje longitudinal, de la pieza de mano y/o puede ser rotatoria alrededor del eje longitudinal de la pieza de mano y/o alrededor de un eje que es perpendicular al eje longitudinal de la pieza de mano.

55 La unidad de obtención de imágenes puede ser deslizante a lo largo de toda la longitud de la pieza de mano quirúrgica o a lo largo de una parte de la longitud de la pieza de mano quirúrgica. La unidad de obtención de imágenes puede ser rotatoria en relación con la pieza de mano quirúrgica a lo largo de un intervalo angular de más de 45°, preferiblemente más de 90°, más preferiblemente más de 180°, incluso más preferiblemente más de 270° e incluso aún más preferiblemente 360°.

60 La unión de manera rotatoria de la unidad de obtención de imágenes a la pieza de mano quirúrgica proporciona una

disposición sencilla que permite que una amplia zona de obtención de imágenes se cubra por la unidad de obtención de imágenes, garantizando de ese modo de una manera sencilla que los elementos marcadores del miembro marcador se detecten por la unidad de obtención de imágenes sustancialmente en cualquier momento durante la cirugía.

5 Además, mediante la unión de manera rotatoria de la unidad de obtención de imágenes a la pieza de mano quirúrgica para poder rotar en relación con la pieza de mano alrededor de un eje perpendicular al eje longitudinal de la pieza de mano, puede garantizarse la detección permanente de los elementos marcadores, a la vez que se impide de manera particularmente fiable cualquier interferencia del movimiento de la unidad de obtención de imágenes con la operación de la pieza de mano quirúrgica por el cirujano.

10 La unidad de obtención de imágenes puede comprender uno o más miembros de visualización, tales como elementos de visualización en miniatura. El uno o más miembros de visualización pueden configurarse para visualizar datos, tales como datos de imágenes y/o datos de planificación de tratamiento. El uno o más miembros de visualización pueden estar dispuestos en un lado trasero de la unidad de obtención de imágenes, opuesto a un lado frontal de la unidad de obtención de imágenes que está configurada para orientarse hacia el miembro marcador durante el uso del sistema de navegación.

15 El miembro marcador o un cuerpo del mismo puede estar compuesto, al menos parcialmente, por material rígido, tieso, inflexible y/o duro. El miembro marcador o un cuerpo del mismo puede estar compuesto al menos parcialmente por un material flexible, resiliente, deformable, por ejemplo, deformable permanentemente, blando y/o elástico material. El miembro marcador o un cuerpo del mismo puede estar compuesto por plástico, metal, cerámica o similar.

20 El miembro marcador puede comprender un elemento de unión que permite la unión a un hueso craneal, un hueso facial, un diente o dientes de un paciente, tal como un elemento de tornillo, un elemento de abrazadera, un elemento adhesivo o similar.

25 El miembro marcador puede comprender un material radiopaco, es decir, un material que no transmite radiación de rayos X a su través. El miembro marcador puede comprender uno o más elementos radiopacos, tales como perlas radiopacas, hilos radiopacos, placas radiopacas o similares. El material radiopaco puede ser plomo, titanio, tungsteno, etc., o una combinación de los mismos.

30 El material radiopaco puede estar dispuesto dentro del cuerpo del miembro marcador y/o sobre una superficie del miembro marcador. Uno o más de la pluralidad de elementos marcadores puede estar hecho de un material radiopaco.

35 El material radiopaco es visible mediante técnicas de obtención de imágenes por rayos X, tales como tomografía computarizada (CT), por ejemplo, CT de haz cónico. Por tanto, el miembro marcador que comprende el material radiopaco puede usarse como referencia para la obtención de imágenes por rayos X, en particular, obtención de imágenes por rayos X antes de una intervención quirúrgica.

40 El miembro marcador puede unirse a un hueso craneal, un hueso facial, un diente o dientes del paciente antes de la obtención de imágenes por rayos X. Posteriormente, puede realizarse obtención de imágenes por rayos X, tal como CT, por ejemplo, CT de haz cónico, para obtener datos de imágenes por rayos X usando el material radiopaco del miembro marcador como referencia. El miembro marcador puede mantenerse en su posición en la intervención quirúrgica posterior, en el que los elementos marcadores del mismo sirven como referencia para la unidad de obtención de imágenes.

45 En este caso, el miembro marcador sirve como referencia para la obtención de imágenes tanto antes como durante la cirugía, permitiendo de ese modo una configuración particularmente sencilla del sistema de navegación.

50 Además, dotar al miembro marcador de un material radiopaco permite que se realicen diagnósticos usando obtención de imágenes por rayos X, tal como CT de haz cónico, planificación de tratamiento y cirugía guiada en una visita del paciente de una manera particularmente sencilla, reduciendo adicionalmente también de ese modo la duración y los costes del tratamiento.

55 Además, usar el miembro marcador como referencia para la obtención de imágenes por rayos X antes de la cirugía y para obtener imágenes con la unidad de obtención de imágenes durante la cirugía permite que se combinen los datos de imágenes por rayos X y los datos de imágenes obtenidos por la unidad de obtención de imágenes, por ejemplo, que se superpongan o se solapen, de una manera particularmente sencilla y fiable, permitiendo la generación de datos de imágenes tridimensionales precisos y fiables de la zona en la que se realiza cirugía.

60 Los elementos marcadores pueden proporcionarse al miembro marcador, en particular, sobre una superficie del miembro marcador, mediante impresión, estampado en relieve, ataque químico, grabado o similar. Los elementos marcadores pueden estar formados de manera integrada con el cuerpo del miembro marcador. Los elementos

marcadores pueden ser elementos independientes que están unidos, fijados, sujetos o montados en el cuerpo del miembro marcador. Por ejemplo, los elementos marcadores pueden estar incrustados al menos parcialmente en el cuerpo del miembro marcador.

5 La pluralidad de elementos marcadores pueden estar dispuestos en un patrón o serie bidimensional, por ejemplo, un patrón o serie óptica bidimensional. El término "bidimensional" define que los elementos marcadores se disponen en un plano común. Una disposición de este tipo de los elementos marcadores permite una configuración particularmente sencilla del miembro marcador. Cualquier cambio en la posición de la pieza de mano quirúrgica en relación con el miembro marcador puede captarse detectando una distorsión correspondiente del patrón o la serie
10 bidimensional de los elementos marcadores detectada por la unidad de obtención de imágenes. Por tanto, la posición relativa de la pieza de mano quirúrgica y el miembro marcador puede determinarse de una manera particularmente sencilla, fiable y precisa.

15 El sistema de navegación puede comprender además una unidad de procesamiento, tal como una CPU o similar, para procesar datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes, es decir, datos de imágenes obtenidos por la unidad de obtención de imágenes. La unidad de procesamiento puede estar configurada para procesar los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes. La unidad de procesamiento puede estar configurada para relacionar los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con otros datos del paciente, tales como datos de imágenes, obtenidos antes de o durante la intervención quirúrgica, por ejemplo, usando el miembro
20 marcador como referencia.

La unidad de procesamiento puede estar configurada para combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con otros datos, en particular, otros datos de imágenes, por ejemplo, otros datos de imágenes obtenidos antes de y/o durante la intervención quirúrgica. En particular, la unidad
25 de procesamiento puede estar configurada para combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con datos de imágenes por rayos X obtenidos antes de la cirugía, por ejemplo, usando el miembro marcador que comprende el material radiopaco como referencia tanto para la obtención de imágenes por rayos X como para la obtención de imágenes por medio de la unidad de obtención de imágenes.

30 Al combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes por rayos X y los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes, puede obtenerse una imagen tridimensional precisa de la zona en la que se realiza cirugía en tiempo real, proporcionando una guía particularmente precisa y fiable para el cirujano durante una intervención quirúrgica.

35 La unidad de procesamiento puede estar configurada para combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con datos de planificación de tratamiento, por ejemplo, datos de planificación de tratamiento proporcionados u obtenidos por el software de planificación de cirugía.

40 La unidad de procesamiento puede estar configurada para combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con otros datos de imágenes, tales como los otros datos de imágenes detallados anteriormente, y con datos de planificación de tratamiento.

45 Combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con los datos de planificación de tratamiento permite que el cirujano haga navegar de manera fiable la pieza de mano quirúrgica, por ejemplo, la punta de un torno quirúrgico, a lo largo de la planificación de tratamiento en lo que se refiere a la posición y la angulación de la pieza de mano, por ejemplo, usando un sistema de direccionamiento.

50 La unidad de obtención de imágenes puede comprender uno o más miembros de visualización, por ejemplo, elementos de visualización en miniatura, proporcionados en la unidad de obtención de imágenes para visualizar la planificación de tratamiento, por ejemplo, el sistema de direccionamiento. En particular, el uno o más miembros de visualización pueden estar dispuestos en un lado trasero de la unidad de obtención de imágenes, opuesto a un lado frontal de la unidad de obtención de imágenes que está configurada para orientarse hacia el miembro marcador durante el uso del sistema de navegación. De este modo, puede garantizarse de una manera eficaz y fiable que la
55 planificación de tratamiento está en la visión directa del cirujano durante la cirugía.

El sistema de direccionamiento puede estar configurado para indicar una posición prevista y/o el ángulo previsto de la pieza de mano quirúrgica, por ejemplo, en relación con una planificación de tratamiento anterior. Por ejemplo, la posición prevista de la pieza de mano quirúrgica puede ser la posición de entrada prevista de una punta de torno o similar. El sistema de direccionamiento puede estar configurado para indicar la posición prevista de la pieza de
60 mano, por ejemplo, mediante el uso de una o más retículas o cruces delgadas, por ejemplo, una retícula o cruz delgada doble. El sistema de direccionamiento puede estar configurado para indicar el ángulo previsto de la pieza de mano, por ejemplo, mediante el uso de una pluralidad de anillos, por ejemplo, dos anillos.

65 La pieza de mano quirúrgica, por ejemplo, una parte de punta de la misma, tal como una punta de torno, una cabeza de torno o similar, puede usarse para registrar la posición relativa de la pieza de mano y el miembro marcador, en

particular, cuando se usa un miembro marcador sin material radiopaco o cuando el miembro marcador no se ha unido a la zona de cirugía antes de la obtención de imágenes por rayos X. En este caso, se permite la navegación precisa y fiable de una manera particularmente sencilla.

5 El sistema de navegación puede comprender además una unidad de visualización para visualizar datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes. La unidad de visualización puede estar configurada para visualizar datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes. La unidad de visualización puede comprender cualquier tipo de elemento de visualización, tales como un elemento de visualización LCD, un elemento de visualización LED o similar.

10 La unidad de visualización puede estar configurada para visualizar datos de imágenes combinados generados combinando los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con otros datos, por ejemplo, con otros datos de imágenes, tales como datos de imágenes obtenidos mediante obtención de imágenes por rayos X, por ejemplo, antes de la cirugía, y/o con datos de planificación de tratamiento.

15 Por tanto, la zona de cirugía puede visualizarse en la unidad de visualización de manera tridimensional y en tiempo real, proporcionando una guía particularmente fiable y precisa al cirujano durante la intervención quirúrgica.

20 La unidad de visualización puede estar dispuesta, por ejemplo, junto a, por ejemplo, al lado o por encima de la cabeza del paciente durante la cirugía, lo que permite al cirujano monitorizar los datos de imágenes en la unidad de visualización, a la vez que observar de manera simultánea la zona de cirugía.

25 La unidad de visualización puede estar configurada para combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con otros datos, en particular, otros datos de imágenes, por ejemplo, otros datos de imágenes obtenidos antes y/o durante la intervención quirúrgica. En particular, la unidad de visualización puede estar configurada para combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con datos de imágenes por rayos X obtenidos antes de la cirugía, por ejemplo, usando el miembro marcador que comprende el material radiopaco como referencia tanto para la obtención de imágenes por rayos X como para la obtención de imágenes por medio de la unidad de obtención de imágenes.

30 Tal como se ha detallado anteriormente, al combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes por rayos X y los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes, puede obtenerse una imagen tridimensional precisa de la zona en la que se realiza cirugía en tiempo real, proporcionando una guía particularmente precisa y fiable al cirujano durante una intervención quirúrgica.

35 La unidad de visualización puede estar configurada para combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con datos de planificación de tratamiento, por ejemplo, datos de planificación de tratamiento proporcionados u obtenidos por el software de planificación de cirugía.

40 La unidad de visualización puede estar configurada para combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con otros datos de imágenes, tales como los otros datos de imágenes detallados anteriormente, y con datos de planificación de tratamiento.

45 Combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con los datos de planificación de tratamiento permite que el cirujano haga navegar de manera fiable la pieza de mano quirúrgica, por ejemplo, la punta de un torno quirúrgico, a lo largo de la planificación de tratamiento en lo que se refiere a la posición y angulación de la pieza de mano, por ejemplo, usando un sistema de direccionamiento tal como el descrito anteriormente.

50 La unidad de visualización puede estar configurada para visualizar la planificación de tratamiento, por ejemplo, el sistema de direccionamiento. El sistema de direccionamiento visualizado en la unidad de visualización puede ser un sistema de direccionamiento tal como se detalló anteriormente.

55 La pieza de mano quirúrgica puede ser un instrumento dental. La pieza de mano quirúrgica puede ser un torno, tal como un torno dental. En particular, puesto que la unidad de obtención de imágenes está unida de manera móvil a la pieza de mano quirúrgica, el sistema de navegación puede usarse de manera particularmente ventajosa para aplicaciones intrabucales, tales como extracción o reemplazo de dientes, implantes dentales, etc., usando instrumentos dentales, tales como tornos dentales.

60 La divulgación proporciona una herramienta o elemento de colocación para colocar un miembro marcador sobre el hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente que comprende un elemento de molde o bandeja, tal como una bandeja de impresión o una bandeja de impresión parcial, y un miembro marcador, en el que el miembro marcador comprende una pluralidad de elementos marcadores y un material deformable, el material deformable se aloja de manera liberable en el elemento de molde, y la pluralidad de elementos marcadores están dispuestos sobre una superficie del material deformable que está orientada hacia el elemento de molde. El miembro marcador puede comprender además un material radiopaco, por ejemplo, en forma

de uno o más elementos radiopacos, tales como perlas radiopacas, hilos radiopacos o similares.

La divulgación proporciona una herramienta o elemento de colocación para su uso con el sistema de navegación de la invención. La herramienta de colocación está configurada para colocar el miembro marcador del sistema de navegación sobre el hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente. La herramienta de colocación comprende un elemento de molde o bandeja, tal como una bandeja de impresión o una bandeja de impresión parcial, y el miembro marcador. El miembro marcador comprende un material deformable, por ejemplo, deformable permanentemente. El material deformable puede formar un cuerpo del miembro marcador. El material deformable se aloja de manera liberable en el elemento de molde. La pluralidad de elementos marcadores están dispuestos sobre una superficie del material deformable que está orientada hacia el elemento de molde.

La herramienta o elemento de colocación puede estar configurado para unir el miembro marcador al hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente. El elemento de molde o bandeja está configurado para su colocación sobre al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente. En particular, el elemento de molde o bandeja está dimensionado y conformado de modo que se ajusta sobre al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente. El elemento de molde o bandeja está configurado para alojar el material deformable.

El material deformable se aloja de manera liberable en el elemento de molde, es decir, se aloja en el elemento de molde de modo que puede liberarse, por ejemplo, retirarse o separarse, del mismo, por ejemplo, retirando el elemento de molde de la al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente.

El material deformable puede adaptarse al hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente, es decir, puede estar configurado de modo que puede adaptarse al hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente cuando se sitúa el elemento de molde sobre al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente. El material deformable puede ser deformable permanentemente.

El material deformable puede ser al menos parcialmente adhesivo para adherirse a la al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente. El material deformable puede estar configurado para adherirse a la al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente al menos mediante un ajuste de forma o ajuste positivo entre el material deformable y la al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes.

El material deformable puede estar configurado para endurecerse o curarse, por ejemplo, mediante la exposición al aire, tal como al aire ambiente, y/o mediante la exposición a luz ultravioleta (UV) o similar. El material deformable puede ser una resina, tal como una resina plástica, por ejemplo, una resina curable. El material deformable puede ser una pasta de impresión, por ejemplo, una pasta de impresión endurecible o curable.

Los elementos marcadores pueden estar incrustados al menos parcialmente en el material deformable. Los elementos marcadores pueden estar impresos, estampados en relieve o formados de otro modo sobre una superficie del material deformable que está orientada hacia el elemento de molde.

La superficie del material deformable que está orientada hacia el elemento de molde puede estar en contacto con el elemento de molde.

Mediante el uso de la herramienta de colocación, el miembro marcador puede colocarse sobre el hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente y unirse a ellos de una manera particularmente sencilla y fiable. En particular, el miembro marcador se mantiene de manera fija en su posición en el hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente mediante el material deformable, de modo que no es necesario sujeción, atornillado, etc. del miembro marcador. Por tanto, se impide de manera fiable cualquier daño al hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente debido a la unión del miembro marcador.

La divulgación proporciona además un conjunto de herramientas de colocación que comprende cuatro herramientas de colocación, en el que los elementos de molde o bandeja, tales como bandejas de impresión o bandejas de impresión parcial, de las cuatro herramientas de colocación tienen conformaciones y/o tamaños diferentes entre sí. Por ejemplo, cada elemento de molde o bandeja de las cuatro herramientas de colocación puede estar configurado para su colocación sobre un cuadrante diferente de la mandíbula humana o animal, por ejemplo, sobre los dientes de un cuadrante diferente de la mandíbula humana o animal. En particular, el conjunto de herramientas de colocación puede comprender cuatro herramientas de colocación, en el que los elementos de molde o bandeja son bandejas de impresión parcial diferentes para diferentes cuadrantes de la mandíbula humana o animal.

Mediante el uso de un conjunto de herramientas de colocación de este tipo, puede seleccionarse la herramienta de colocación apropiada correspondiente a la ubicación o zona en la que va a realizarse cirugía, tal como la mandíbula

superior o inferior, un cuadrante de mandíbula particular, etc., permitiendo de ese modo una colocación particularmente precisa del miembro marcador.

5 El sistema de navegación de la invención puede comprender además la herramienta de colocación o el conjunto de herramientas de colocación.

10 La divulgación proporciona además un método de colocación de un miembro marcador sobre el hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente usando la herramienta de colocación. El método comprende las etapas de situar el elemento de molde o bandeja con el material deformable alojado en el mismo sobre al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente para unir el material deformable a al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente, y retirar el elemento de molde o bandeja de la al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente para liberar el material deformable del elemento de molde o bandeja. El método de colocación del miembro marcador proporciona los efectos ventajosos ya descritos en detalle anteriormente para la herramienta de colocación. En particular, el método permite una colocación fiable y precisa del miembro marcador, evitando cualquier daño al hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente debido a la unión del miembro marcador.

20 El método de colocación del miembro marcador es un método de uso de la herramienta de colocación. Por tanto, también pueden aplicarse las características adicionales dadas a conocer en relación con la descripción anterior de la herramienta de colocación al método de colocación.

25 La invención proporciona además un método de navegación para cirugía dental y craneomaxilofacial usando el sistema de navegación de la invención. El método de navegación comprende las etapas de obtener imágenes de al menos parte de la zona en la que se realiza cirugía por medio de la unidad de obtención de imágenes, determinar si la pluralidad de elementos marcadores se detectan por la unidad de obtención de imágenes, y, si se determina que la pluralidad de elementos marcadores no se detectan por la unidad de obtención de imágenes, mover la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza de mano o el instrumento quirúrgico hasta una posición en la que la unidad de obtención de imágenes detecta la pluralidad de elementos marcadores.

30 El método de navegación de la invención proporciona los efectos ventajosos ya descritos en detalle anteriormente para el sistema de navegación de la invención. En particular, el método de navegación permite la navegación quirúrgica precisa durante la cirugía dental y craneomaxilofacial de una manera sencilla y fiable. El método permite que la posición relativa entre la pieza de mano o el instrumento quirúrgico y el miembro marcador se determine de manera precisa de un modo sencillo y fiable.

35 El método de navegación puede comprender además la etapa de bloquear o detener la unidad de obtención de imágenes en una o más posiciones en relación con la pieza de mano quirúrgica.

40 El método de navegación puede comprender además la etapa de detectar o captar la posición de la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza de mano quirúrgica.

45 El método de navegación puede comprender la etapa de deslizar, pivotar o rotar la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza de mano quirúrgica, por ejemplo, hasta una posición en la que la unidad de obtención de imágenes detecta la pluralidad de elementos marcadores.

50 El método de navegación puede comprender además la etapa de procesar los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes. El método de navegación puede comprender la etapa de combinar, por ejemplo, superponer o solapar, los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con otros datos, por ejemplo, con otros datos de imágenes, tales como datos de imágenes por rayos X, por ejemplo, datos de CT de haz cónico, obtenidos antes de la cirugía, y/o con datos de planificación de tratamiento.

55 El método de navegación puede comprender además la etapa de visualizar los datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes, por ejemplo, una combinación de datos de imágenes de la unidad de obtención de imágenes con datos de imágenes por rayos X obtenidos antes de la cirugía y/o con datos de planificación de tratamiento, por ejemplo, en una unidad de visualización.

60 El método de navegación puede comprender además la etapa de unir, sujetar, fijar, montar o instalar el miembro marcador a un hueso craneal, un hueso facial, un diente o dientes de un paciente, por ejemplo, antes de la cirugía o antes de la obtención de imágenes por rayos X realizada antes de la cirugía.

65 El sistema de navegación puede comprender además una etapa de colocar el miembro marcador sobre el hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente usando la herramienta de colocación de la invención. En particular, el método de navegación puede comprender las etapas de situar el elemento de molde con el material deformable alojado en el mismo sobre al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente para unir el material deformable al menos a

parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente, y retirar el elemento de molde de la al menos parte del hueso craneal, el hueso facial, por ejemplo, la mandíbula, el diente o dientes de un paciente para liberar el material deformable del elemento de molde.

5 El método de navegación puede comprender además la etapa de registrar la posición de la pieza de mano quirúrgica tocando el miembro marcador con la pieza de mano quirúrgica, por ejemplo, con una parte de punta de la misma.

10 El método de navegación de la invención es un método de uso del sistema de navegación de la invención. Por tanto, las características adicionales dadas a conocer en relación con la descripción anterior del sistema de navegación de la invención también pueden aplicarse al método de navegación de la invención.

Breve descripción de los dibujos

15 A continuación en el presente documento, se explican ejemplos no limitativos de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1 muestra una vista lateral esquemática de un sistema de navegación según una realización de la presente invención;

20 la figura 2 muestra una vista en perspectiva del sistema de navegación mostrado en la figura 1;

la figura 3 muestra una vista en sección transversal esquemática de un miembro marcador según una realización de la presente invención en un estado parcialmente separado de la mandíbula de un paciente; y

25 la figura 4 muestra una vista esquemática en perspectiva de una herramienta de colocación de una realización de la presente divulgación.

Descripción detallada de realizaciones preferidas actualmente

30 La figura 1 muestra una vista lateral esquemática de un sistema de navegación para cirugía dental y craneomaxilofacial según una realización preferida actualmente de la presente invención.

35 El sistema de navegación comprende una pieza de mano quirúrgica, concretamente un torno 2 dental, una unidad 4 de obtención de imágenes que está unida de manera móvil al torno 2 y un miembro 6 marcador que puede unirse a un hueso craneal, un hueso facial, un diente o dientes de un paciente. El miembro 6 marcador comprende una pluralidad de elementos marcadores, concretamente líneas 8 de referencia y puntos 10 de referencia, que son detectables por la unidad 4 de obtención de imágenes.

40 Las líneas 8 de referencia y los puntos 10 de referencia están impresos sobre una superficie de un cuerpo del miembro 6 marcador y están dispuestos en un patrón óptico bidimensional. El cuerpo del miembro 6 marcador está compuesto por un material rígido, tal como plástico duro, metal, cerámica o similar. El miembro 6 marcador comprende además un elemento de unión (no mostrado), tal como un elemento de tornillo, un elemento de abrazadera, un elemento adhesivo o similar, para unir el miembro 6 marcador a un hueso craneal, un hueso facial, un diente o dientes del paciente.

45 Además, el miembro 6 marcador comprende un material radiopaco en forma de una pluralidad de perlas radiopacas (no mostradas) compuestas por titanio o tungsteno que están dispuestas dentro del cuerpo del miembro 6 marcador.

50 La unidad 4 de obtención de imágenes comprende una unidad 12 de cámara que puede obtener imágenes en el espectro de luz visible y un escáner 14 de superficie 3D óptico para escanear ópticamente la superficie de los dientes o una estructura ósea del paciente. La unidad 4 de obtención de imágenes está configurada para detectar los elementos 8, 10 marcadores del miembro 6 marcador.

55 La unidad 4 de obtención de imágenes comprende un dispositivo electrónico (no mostrado), tal como un conjunto de chips, para el preprocesamiento de datos, tales como datos de imágenes, proporcionados por la unidad 12 de cámara. En particular, los datos pueden preprocesarse realizando una reducción de datos, por ejemplo, usando una región de interés.

60 La unidad 4 de obtención de imágenes está unida de manera rotatoria al torno 2 a través de un miembro 18 de unión, para poder rotar en relación con el torno 2 alrededor de un eje longitudinal del torno 2, tal como se indica mediante la flecha A en la figura 1. La unidad 4 de obtención de imágenes puede rotar continuamente en relación con el torno 2 a lo largo de un intervalo angular de 360° y puede bloquearse en relación con el torno 2 en cualquier posición angular.

65 La unidad 4 de obtención de imágenes puede estar dispuesta para poder rotar en relación con el torno 2 alrededor de uno o más ejes perpendiculares al eje longitudinal del torno 2 o para poder rotar tanto alrededor del eje

longitudinal como de uno o más ejes perpendiculares al eje longitudinal.

El miembro 18 de unión comprende una unidad de sensor (no mostrada), tal como un sensor piezoeléctrico, para detectar la posición angular de la unidad 4 de obtención de imágenes en relación con el torno 2 y un elemento de accionamiento (no mostrado), tal como un motor eléctrico, para hacer rotar la unidad 4 de obtención de imágenes en relación con el torno 2 alrededor del eje longitudinal del torno 2.

El torno 2 comprende una cabeza de torno o punta 16 de torno. El torno 2 puede conectarse a un micromotor 20 quirúrgico para suministrar potencia al torno 2, accionando la punta 16 de torno para que rote.

El sistema de navegación según la realización mostrada en la figura 1 comprende además una unidad 22 de procesamiento y una unidad 24 de visualización. La unidad 4 de obtención de imágenes está configurada para transmitir, mediante transmisión por cable o inalámbrica, datos de imágenes de la zona de cirugía, incluyendo los elementos 8, 10 marcadores del miembro 6 marcador, a la unidad 22 de procesamiento, tal como se indica mediante la flecha B en la figura 1.

La unidad 22 de procesamiento está configurada para procesar adicionalmente los datos preprocesados de imágenes transmitidas a la misma por la unidad 4 de obtención de imágenes. En particular, la unidad 22 de procesamiento está configurada para realizar un procesamiento 6D de los datos de imágenes.

Además, la unidad 22 de procesamiento está configurada para transmitir de manera inalámbrica los datos de imágenes procesados en tiempo real a la unidad 24 de visualización, tal como se indica mediante la flecha C en la figura 1.

La unidad 24 de visualización está configurada para combinar estos datos de imágenes procesados de la unidad 22 de procesamiento con datos de imágenes obtenidos en la obtención de imágenes por rayos X, tal como CT de haz cónico, realizada antes de la cirugía, y con datos de planificación de tratamiento proporcionados por el software de planificación de cirugía. En particular, la unidad 24 de visualización está configurada para combinar los datos de imágenes procesados de la unidad 22 de procesamiento y los datos de imágenes de la obtención de imágenes por rayos X usando el miembro 6 marcador como referencia tanto para los datos de imágenes obtenidos por la unidad de obtención de imágenes como los datos de imágenes por rayos X, generando de ese modo datos de imágenes tridimensionales de la zona de cirugía en tiempo real.

Además, la unidad 24 de visualización está configurada para visualizar los datos de imágenes combinados de manera tridimensional y en tiempo real. La unidad 24 de visualización visualiza un sistema de direccionamiento, tal como el sistema de direccionamiento detallado anteriormente, basándose en los datos de planificación de tratamiento, que permite que el cirujano haga navegar de manera fiable el torno 2, por ejemplo, la punta 16 del mismo, a lo largo de la planificación de tratamiento en lo que se refiere a la posición y angulación.

En lo que sigue, se describirá un ejemplo del funcionamiento del sistema de navegación mostrado en la figura 1, que muestra a modo de ejemplo una realización del método de navegación de la invención, con referencia a la figura 2.

En primer lugar, tal como se muestra en la figura 2, el miembro 6 marcador se une a la mandíbula 26 del paciente en la zona en la que se va a realizarse la cirugía, mediante el uso del elemento de unión del mismo. Posteriormente, el paciente se somete a obtención de imágenes por rayos X, tal como CT de haz cónico, obteniendo de ese modo datos de imágenes por rayos X de la zona de cirugía, usando el material radiopaco del miembro 6 marcador como referencia. Los datos de imágenes por rayos X obtenidos de este modo se almacenan en una memoria (no mostrada) de la unidad 24 de visualización.

Cuando comienza la intervención quirúrgica, se hace rotar la unidad 4 de obtención de imágenes en relación con el torno 2 para detectar los elementos 8, 10 marcadores del miembro 6 marcador unido a la mandíbula 26, tal como se indica mediante líneas discontinuas en la figura 2. La unidad 4 de obtención de imágenes obtiene imágenes de al menos parte de la zona en la que se realiza cirugía y transmite los datos de imágenes obtenidos a la unidad 22 de procesamiento en tiempo real.

La unidad 22 de procesamiento está configurada para determinar si la pluralidad de elementos 8, 10 marcadores se detectan por la unidad 4 de obtención de imágenes. Si se determina por la unidad 22 de procesamiento que los elementos 8, 10 marcadores no se detectan por la unidad 4 de obtención de imágenes, la unidad 4 de obtención de imágenes se hace rotar en relación con el torno 2 alrededor del eje longitudinal del mismo por el elemento de accionamiento del miembro 18 de unión hasta una posición en la que la unidad 4 de obtención de imágenes detecta los elementos 8, 10 marcadores. La unidad 4 de obtención de imágenes se bloquea en esta posición en relación con el torno 2 por el miembro 18 de unión.

De este modo, se garantiza que los elementos 8, 10 marcadores se detectan por la unidad 4 de obtención de imágenes sustancialmente durante toda la intervención quirúrgica, de modo que puede determinarse de manera fiable la posición relativa entre el torno 2 y los elementos 8, 10 marcadores del miembro 6 marcador, y por tanto la

zona de cirugía, en cualquier momento durante la intervención quirúrgica.

Los datos de imágenes transmitidos por la unidad 4 de obtención de imágenes a la unidad 22 de procesamiento en tiempo real se procesan adicionalmente y se transmiten de manera inalámbrica a la unidad 24 de visualización por la unidad 22 de procesamiento. En la unidad 24 de visualización, los datos de imágenes procesados se combinan, es decir, se superponen o se solapan, con los datos de planificación de tratamiento y con los datos de imágenes por rayos X almacenados en la memoria de la unidad 24 de visualización, usando el material radiopaco y los elementos 8, 10 marcadores del miembro 6 marcador como referencia, generando de ese modo datos de imágenes tridimensionales en tiempo real de la zona en la que se realiza cirugía.

El cirujano visualiza los datos de imágenes en tiempo real tridimensionales generados de ese modo y el sistema de direccionamiento basado en los datos de planificación de tratamiento mediante la unidad 24 de visualización. En particular, la unidad 24 de visualización puede estar dispuesta junto a, por ejemplo, al lado o por encima de la cabeza del paciente durante la cirugía, permitiendo que el cirujano observe de manera sustancialmente simultánea la zona de cirugía y siga los datos de imágenes tridimensionales en tiempo real y el sistema de direccionamiento visualizados en la unidad 24 de visualización. De manera alternativa o adicional, el sistema de direccionamiento puede visualizarse en uno o más miembros de visualización (no mostrados), por ejemplo, elementos de visualización en miniatura, proporcionados en la unidad 4 de obtención de imágenes. En particular, el uno o más miembros de visualización puede estar dispuesto en un lado trasero de la unidad 4 de obtención de imágenes, opuesto a un lado frontal de la unidad 4 de obtención de imágenes donde se proporciona el escáner 14 de superficie 3D óptico.

De este modo, el sistema de navegación guía de manera precisa y fiable al cirujano durante la intervención quirúrgica.

La figura 3 muestra una vista en sección transversal esquemática de la mandíbula 26 del paciente, que ilustra un elemento de unión del miembro 6 marcador y un método de unión del miembro 6 marcador a la mandíbula 26.

El miembro 6 marcador comprende una pluralidad de rebajes o casquillos 28, concretamente tres casquillos 28 en la realización mostrada en la figura 3, que están unidos a una parte inferior del cuerpo del miembro 6 marcador a través de un elemento 30 de conexión. Los casquillos 28 están configurados para alojar cabezas 32 de tornillos 34. Los casquillos 28 y los tornillos 34 forman juntos el elemento de unión del miembro 6 marcador.

Los tornillos 34 se atornillan en la mandíbula 26 del paciente, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 3. Posteriormente, el miembro 6 marcador se sitúa encima de los tornillos 34, de modo que las cabezas 32 de tornillo se alojan dentro de los casquillos 28, uniéndose de ese modo fijamente el miembro 6 marcador a los tornillos 34 y, por tanto, también a la mandíbula 26.

De este modo, el miembro 6 marcador puede sujetarse y unirse de manera fiable directamente a la mandíbula 26. Por tanto, el miembro 6 marcador de la realización mostrada en la figura 3 puede usarse de manera particularmente ventajosa para pacientes desdentados o sin dientes.

La figura 4 muestra una vista esquemática en perspectiva de una herramienta 40 de colocación según una realización de la presente divulgación.

La herramienta 40 de colocación comprende un elemento 42 de molde, tal como una bandeja de impresión o una bandeja de impresión parcial, y un miembro marcador. El miembro marcador comprende un material 44 deformable como cuerpo del mismo, tal como se indica mediante sombreado en la figura 4, y una pluralidad de elementos 46 marcadores. El material 44 deformable se aloja de manera liberable en el elemento 42 de molde. La pluralidad de elementos 46 marcadores están dispuestos sobre una superficie del material 44 deformable que está orientada hacia el elemento 42 de molde, es decir, una superficie interior del elemento 42 de molde.

El material 44 deformable es una pasta endurecible o curable, tal como una pasta de impresión. El material 44 deformable es deformable para adaptarse, por ejemplo, a los dientes del paciente. Los elementos 46 marcadores están compuestos por metal, cerámica, plástico o similar y tienen un color que es diferente del material 44 deformable.

Los elementos 46 marcadores están incrustados parcialmente en el material 44 deformable para que sean visibles sobre la superficie del mismo, formando de ese modo un patrón visible ópticamente que es detectable por la unidad 4 de obtención de imágenes, en particular, la unidad 12 de cámara. El material 44 deformable y los elementos 46 marcadores en combinación forman el miembro marcador según la realización de la presente divulgación mostrada en la figura 4.

En lo que sigue, se explicará un ejemplo del funcionamiento de la herramienta 40 de colocación mostrada en la figura 4, que muestra a modo de ejemplo una realización del método de la divulgación de colocación del miembro marcador sobre el hueso craneal, el hueso facial, el diente o dientes de un paciente.

5 El elemento 42 de molde con el material 44 deformable alojado de manera liberable en el mismo se sitúa sobre los dientes del paciente en la zona en la que va a realizarse cirugía. El elemento 42 de molde se presiona sobre los dientes, deformando de ese modo el material 44 deformable y adaptando el material 44 deformable a los dientes, uniendo de ese modo el material 44 deformable a los dientes al menos mediante un ajuste de forma entre el material 44 deformable y los dientes. El elemento 42 de molde con el material 44 deformable alojado en el mismo puede mantenerse en esta posición sobre los dientes del paciente durante un periodo de tiempo predeterminado, con el fin de permitir que el material 44 deformable se endurezca o se cure.

10 Posteriormente, se retira el elemento 42 de molde de los dientes del paciente, mientras que el material 44 deformable se mantiene en su posición al menos mediante el ajuste de forma con los dientes y, en algunas realizaciones, también mediante una fuerza adhesiva entre el material 44 deformable, preferiblemente endurecido o curado, y los dientes. De este modo, el material 44 deformable se libera del elemento 42 de molde tras la retirada del elemento 42 de molde de los dientes.

15 El material 44 deformable se mantiene de ese modo de manera segura sobre los dientes del paciente. La superficie del material 44 deformable que está orientada hacia el elemento 42 de molde forma una superficie exterior del miembro marcador unido, que está compuesta por el material 44 deformable y los elementos 46 marcadores, y tiene los elementos 46 marcadores dispuestos sobre el mismo. Estos elementos 46 marcadores pueden detectarse por la unidad 4 de obtención de imágenes del sistema de navegación, tal como se indica mediante líneas discontinuas en la figura 4.

20 La herramienta 40 de colocación permite una colocación y unión particularmente fiable y precisa del miembro marcador al hueso craneal, el hueso facial, el diente o dientes de un paciente y, por tanto, puede usarse particularmente de manera ventajosa con el sistema de navegación de la invención.

25 Se obtiene un conjunto de herramientas 40 de colocación proporcionando cuatro herramientas 40 de colocación tal como se muestra en la figura 4, en el que los elementos 42 de molde de las cuatro herramientas 40 de colocación tienen conformaciones y/o tamaños diferentes entre sí. En particular, el conjunto de herramientas 40 de colocación puede consistir en cuatro herramientas 40 de colocación, estando configurado el elemento 42 de molde de cada uno, por ejemplo, conformado y dimensionado, para su colocación sobre los dientes de un cuadrante diferente de la mandíbula humana o animal.

35 Las realizaciones anteriores y sus variantes se han dado a conocer únicamente para fines ilustrativos y es completamente posible una variación adicional dentro de las capacidades del lector experto. Por consiguiente, se pretende que las reivindicaciones adjuntas cubran todas las modificaciones, sustituciones, alteraciones, omisiones y adiciones que podría lograr un experto en la técnica a partir de la divulgación anterior, teniendo en cuenta su propio conocimiento y experiencia generales y especializados.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de navegación para cirugía dental y craneomaxilofacial, que comprende:
- 5 - una pieza (2) de mano quirúrgica,
- una unidad (4) de obtención de imágenes que está unida de manera móvil a la pieza (2) de mano quirúrgica, y
- 10 - un miembro (6; 44, 46) marcador que puede unirse a un hueso craneal, un hueso (26) facial, un diente o dientes de un paciente, en el que
- el miembro (6; 44, 46) marcador comprende una pluralidad de elementos (8, 10; 46) marcadores que son detectables por la unidad (4) de obtención de imágenes,
- 15 caracterizado porque el sistema de navegación comprende además una unidad de sensor y/o detector para captar o detectar la posición de la unidad (4) de obtención de imágenes en relación con la pieza (2) de mano quirúrgica.
- 20 2. Sistema de navegación según la reivindicación 1, en el que la unidad (4) de obtención de imágenes puede bloquearse en una pluralidad de posiciones en relación con la pieza (2) de mano quirúrgica.
3. Sistema de navegación según la reivindicación 1 ó 2, en el que la unidad (4) de obtención de imágenes está unida de manera rotatoria a la pieza (2) de mano quirúrgica para poder rotar en relación con la pieza (2) de
- 25 mano quirúrgica.
4. Sistema de navegación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el miembro (6; 44, 46) marcador comprende además un material radiopaco.
- 30 5. Sistema de navegación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pluralidad de elementos (8, 10; 46) marcadores están dispuestos en un patrón bidimensional.
6. Sistema de navegación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad (22) de procesamiento para procesar datos de imágenes de la unidad (4) de obtención de
- 35 imágenes.
7. Sistema de navegación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad (24) de visualización para visualizar datos de imágenes de la unidad (4) de obtención de
- 40 imágenes.
8. Sistema de navegación según la reivindicación 7, en el que la unidad (24) de visualización está configurada para combinar los datos de imágenes de la unidad (4) de obtención de imágenes con otros datos, en particular, otros datos de obtención de imágenes y/o datos de planificación de tratamiento.
- 45 9. Sistema de navegación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pieza (2) de mano quirúrgica es un torno.
10. Sistema de navegación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además una
- 50 herramienta (40) de colocación, en el que
- la herramienta (40) de colocación está configurada para colocar el miembro (44, 46) marcador sobre el hueso craneal, el hueso (26) facial, el diente o dientes de un paciente y
- la herramienta (40) de colocación comprende:
- 55 - un elemento (42) de molde, y
- el miembro (44, 46) marcador, en el que
- 60 el miembro (44, 46) marcador comprende un material (44) deformable,
- el material (44) deformable se aloja de manera liberable en el elemento (42) de molde, y
- 65 la pluralidad de elementos (46) marcadores están dispuestos sobre una superficie del material (44) deformable que está orientada hacia el elemento (42) de molde.

11. Sistema de navegación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además un conjunto de herramientas (40) de colocación, comprendiendo el conjunto de herramientas (40) de colocación cuatro herramientas (40) de colocación, en el que cada herramienta (40) de colocación comprende:
- 5
- un elemento (42) de molde, y
 - el miembro (44, 46) marcador, en el que
- 10 el miembro (44, 46) marcador comprende un material (44) deformable,
- el material (44) deformable se aloja de manera liberable en el elemento (42) de molde, y
- 15 la pluralidad de elementos (46) marcadores están dispuestos sobre una superficie del material (44) deformable que está orientada hacia el elemento (42) de molde, en el que
- los elementos (42) de molde de las cuatro herramientas (40) de colocación tienen conformaciones diferentes entre sí.
- 20 12. Método de navegación para cirugía dental y craneomaxilofacial que usa el sistema de navegación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, comprendiendo el método las etapas de:
- obtener imágenes de al menos parte de la zona en la que se realiza cirugía por medio de la unidad (4) de obtención de imágenes,
- 25
- determinar si la pluralidad de elementos (8, 10; 46) marcadores se detectan por la unidad (4) de obtención de imágenes, y
- 30
- mover la unidad de obtención de imágenes en relación con la pieza (2) de mano quirúrgica hasta una posición en la que la unidad (4) de obtención de imágenes detecta la pluralidad de elementos (8, 10; 46) marcadores, si se determina que la pluralidad de elementos (8, 10; 46) marcadores no se detectan por la unidad (4) de obtención de imágenes.

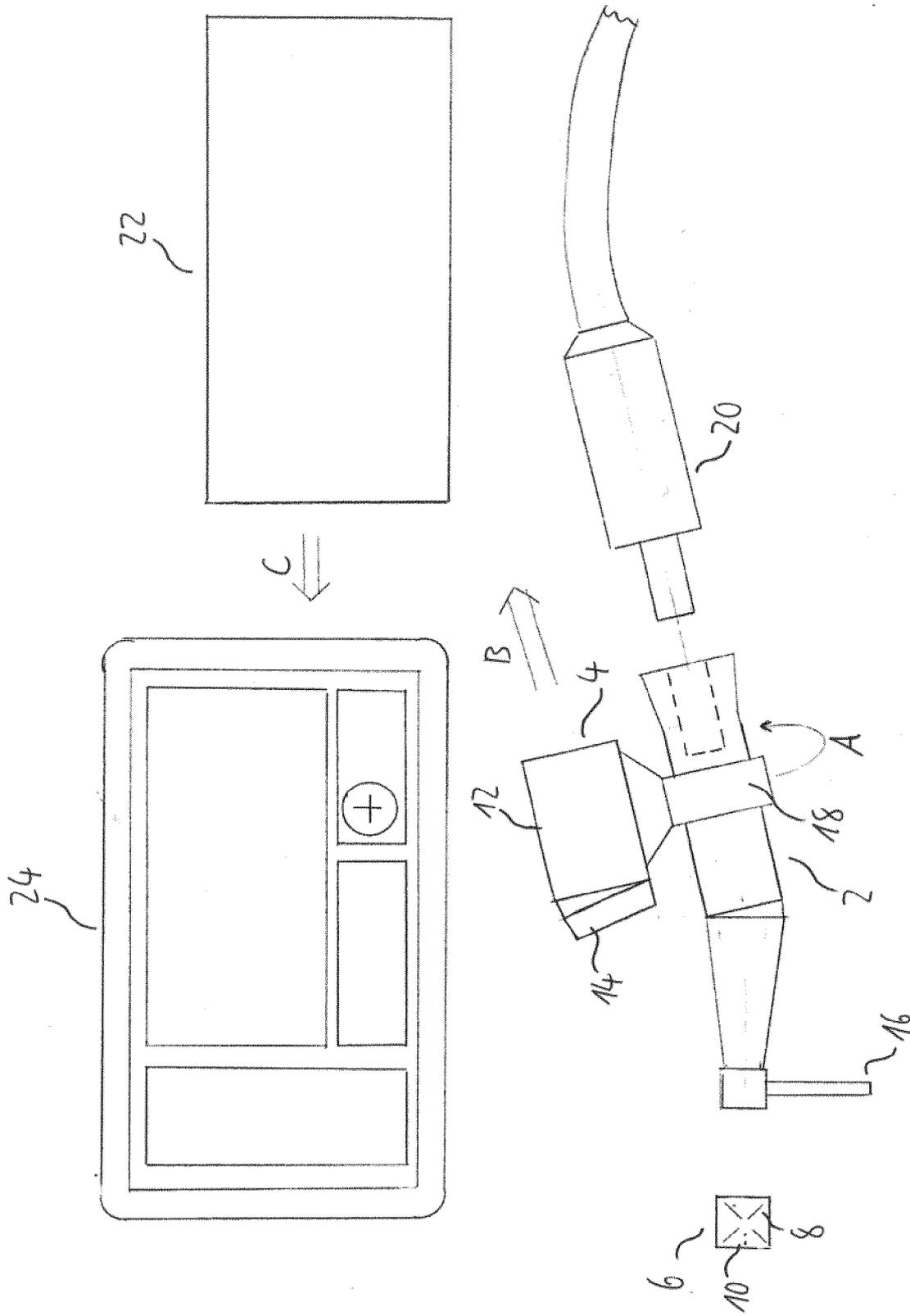


Fig. 1

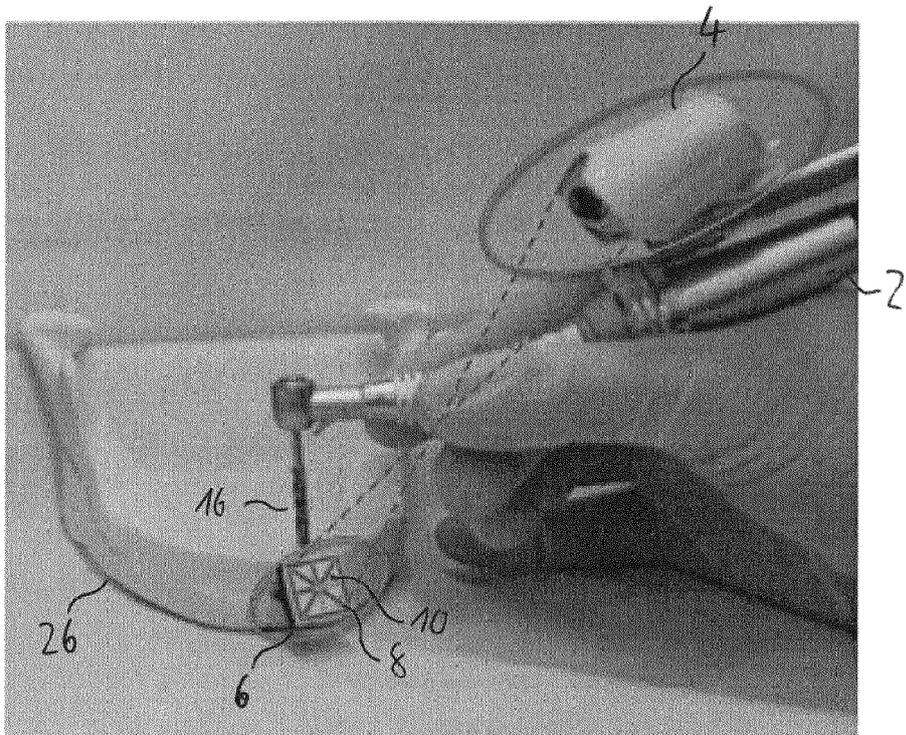


Fig. 2

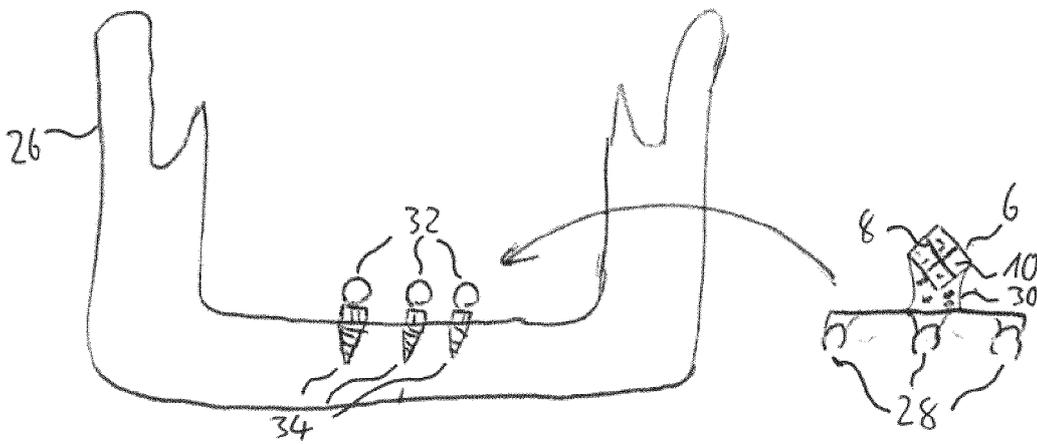


Fig. 3



Fig. 4