



Carlos Aparicio Magallón

Fortes García, Vanessa *
 Rodríguez Elvira, Marco **
 Aparicio Magallón, Carlos ***

* ODONTÓLOGA. PRÁCTICA PRIVADA EN IMPLANTES Y PRÓTESIS. CLÍNICA APARICIO, BARCELONA, ESPAÑA.

** INGENIERO INFORMÁTICO. CLÍNICA APARICIO, BARCELONA, ESPAÑA

*** MÉDICO ESTOMATÓLOGO.

MIEMBRO INVESTIGACIÓN, DEP. DE BIOMATERIALES INSTITUTE FOR SURGICAL SCIENCES, SAHLGRENSKA ACADEMY GOTHENBURG UNIVERSITY, GOTHENBURG SWEDEN.

PRÁCTICA PRIVADA EN REHABILITACIONES RELACIONADAS CON IMPLANTES Y DOCENCIA IMPLANTOLÓGICA

*Clinica Aparicio
 Barcelona, España*

Evolución de los sistemas guiados por la imagen en la cirugía de implantes

RESUMEN

— Introducción. La implantología oral ha experimentado en los últimos años una verdadera revolución con la irrupción en el mercado de varios y sofisticados softwares informáticos, que permiten confeccionar planificaciones de implantes de forma virtual y transferir esta información al campo quirúrgico.

— Objetivo. Describir los diferentes sistemas de cirugía guiada por la imagen del mercado, evaluando sus características, aplicaciones, ventajas y desventajas.

— Resultados y discusión. Existen diferentes sistemas que permiten una cirugía guiada mínimamente invasiva: sistemas de navegación mediante un óptico, navegadores con un sistema magnético de señal o banda, sistemas de fresado guiado mediante la utilización de una férula con soporte en tejidos blandos o con soporte óseo y sistemas robot con brazo mecánico. Los navegadores son sistemas pasivos, flexibles y de alta seguridad y exactitud, en los que el cirujano va visualizando en todo momento la ejecución de la acción. Los sistemas que funcionan con férulas guiadas son sistemas semiactivos, en los cuales la acción está guiada por una planificación predefinida; es decir, el control o ejecución final dependen del propio cirujano.

— Conclusiones. Estos sistemas poseen múltiples ventajas y aplicaciones: permiten una planificación detallada, así como la interconsulta prequirúrgica; posibilitan realizar una cirugía menos invasiva sin despegamiento mucoperiostico; colocar implantes con máxima precisión y también instalar la prótesis provisional en la misma cirugía de implantes.

PALABRAS CLAVE

Cirugía oral guiada, implantes guiados, implantes orales guiados, cirugía sin colgajo, cirugía guiada por la imagen y cirugía mínimamente invasiva.

INTRODUCCIÓN

El principal anhelo de la cirugía para la rehabilitación oral con implantes osteointegrados es la colocación de los implantes de forma precisa, sencilla, predecible, rápida y, sobre todo, de manera mínimamente invasiva. Es lo que hoy conocemos como cirugía guiada mínimamente invasiva (CGMI). Los implantes se insertan sin necesidad de despegamiento mucoperiostico o, en otras palabras, sin interrupción del aporte vascular proveniente del periostio.

Hoy la CGMI se consigue mediante la utilización de modernos programas informáticos que permiten la planificación virtual de la cirugía sobre un modelo tridimensional del paciente. La transferencia exacta de los datos planificados a un sistema de tecnología CAD-CAM, capaz de fabricar una guía quirúrgica que contiene toda la información referente a la posición número, dirección y profundidad de los implantes, es esencial. El concepto de CGMI es un concepto cada vez más extendido en el campo de la implantología y está llamada a desbancar a la llamada "cirugía convencional o tradicional", "cirugía de colgajo" o "cirugía a pulso".

En la colocación de los implantes de forma mínimamente invasiva se han propuesto diferentes abordajes, cuyo objetivo es la mayor precisión en la transferencia de la información que obtenemos en el diagnóstico radiográ-

fico mediante tomografía computerizada (TC), ortopantomografía (OPG), etc., al campo quirúrgico (1).

De los diferentes abordajes propuestos durante los últimos años, destacamos: 1) sistema de navegación mediante un óptico (2, 3); 2) navegadores con un sistema magnético de señal o banda (Solar P en Fortin T, 2006) (4); 3) sistema de fresado guiado mediante la utilización de una férula con soporte en tejidos blandos (5, 6); 4) sistema de fresado guiado mediante la utilización de una férula con soporte óseo (7-9), y 5) sistema robot con brazo mecánico (10).

A su vez, estos sistemas guiados pueden clasificarse en tres clases: a) pasivos, b) semiactivos y c) activos, dependiendo de la autonomía que le reste al cirujano (5, 11).

Los sistemas pasivos establecen una comparación entre la simulación de la estrategia y su posible implementación actual. Los navegadores son el principal tipo de sistemas guiados pasivos de los que disponemos actualmente. En este tipo de sistemas guiados, el cirujano va visualizando la herramienta quirúrgica en las imágenes preoperatorias. Este sistema de navegación guiada permite ajustar la angulación y posición de los implantes; sin embargo, no se logra fácilmente. Las principales ventajas de estos sistemas son la flexibilidad y la seguridad que ofrecen y como desventajas, el alto coste tecnológico que precisan (5, 12-14).

Los sistemas semiactivos están obligados físicamente a seguir una estrategia predefinida. La acción está guiada por una estrategia predefinida; sin embargo, el control o la ejecución final dependen del cirujano. Dentro de estos sistemas clasificamos las guías con láser, los sistemas robotizados o las férulas guiadas. La exactitud de estos sistemas es su principal ventaja, pues la acción del cirujano está limitada al axis del implante planificado.

Finalmente, en los sistemas activos algunos procedimientos de la planificación se realizan con la ayuda de un sistema robótico autónomo supervisado por el cirujano y controlado por sensores.

A pesar de que estos sistemas guiados por la imagen reciben cada día mayor aceptación por parte de los clínicos por sus claras ventajas y enormes aplicaciones: colocación de implantes en posiciones comprometidas tales como los que se anclan en el arco zigomático (4, 9), posibilidad de colocación de la prótesis provisional inmediatamente tras la misma cirugía de implantes (8, 9, 11, 15), cirugía menos invasiva al ser una cirugía sin colgajo (4, 15), todavía quedan cuestiones que sería necesario evaluar y estudiar más, como la relación coste-beneficio, la efectividad o la predictibilidad (16).

El objetivo de la presente revisión es la de llevar a cabo una revisión de los diferentes sistemas guiados por la imagen que han ido apareciendo durante los últimos años evaluando sus características, aplicaciones, ventajas y desventajas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo hemos centrado nuestra búsqueda en los artículos publicados desde el año 2000 al 2006 en las revistas científicas más relevantes dentro de la Odontología clínica actual.

La búsqueda de todo el material científico revisado fue a través del buscador "pubmed" que ofrece el portal web healthgate. Se emplearon como términos de búsqueda: guided oral surgery (cirugía oral guiada), guided implants (implantes guiados), guided oral implants (implantes orales guiados), flapless surgery (cirugía sin colgajo), image-guided surgery (cirugía guiada por la imagen) y minimally invasive surgery (cirugía mínimamente invasiva).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A lo largo de los últimos años el campo de la implantología oral ha experimentado una clara evolución que queda patente o se refleja en la metodología diagnóstica empleada a la hora de planificar la cirugía de implantes. El diagnóstico convencional consiste en el estudio e interpretación de imágenes radiográficas bidimensionales. Hoy en día, con la irrupción en el mercado de sofisticados softwares informáticos, es posible confeccionar virtualmente nuestra planificación, y lo más importante, transferir esta información al campo quirúrgico, reduciendo prácticamente a cero cualquier margen de error y estableciendo una cirugía estandarizada y muy poco invasiva.

En el mercado existen multitud de sistemas guiados por la imagen con su correspondiente software asociado.

Los sistemas guiados por la imagen utilizados para la colocación de implantes dentales se basan en un programa o software que permite la colocación de implantes de forma virtual. Esto permite, a su vez, poder determinar la orientación y posición espacial de la fresa que puede transferirse a una guía quirúrgica o directamente al acto operatorio, dependiendo de si se trata de un sistema pasivo o semiactivo (5, 11).

Gracias a los estudios realizados y publicados por los clínicos y a la vez usuarios de estos sistemas, es posible conocer las aplicaciones, ventajas y posibles desventajas de estos sofisticados, pero a la vez, accesibles sistemas.

Gran parte de los estudios y revisiones realizados basan su metodología de trabajo en la evaluación de la exactitud, precisión, predictibilidad y posibles aplicaciones de estos programas de planificación virtual. A continuación y haciendo referencia a cada uno de estos conceptos de evaluación describiremos los principales programas que existen en la actualidad.

A) EXACTITUD DE LA TRANSFERENCIA Y FIABILIDAD

1. CADImplant System Æ (CADImplant, Medfield, MA)

Sobre este aspecto, debemos destacar, en primer lugar, los numerosos estudios a largo plazo realizados por Fortin T y cols. En diciembre del 2002 (5) publicaron un estudio con el objetivo de evaluar la exactitud en la transferencia de una planificación virtual realizada utilizando el software CADImplant System ® (CADImplant, Medfield, MA) al campo operatorio.

El CADImplant System®, utilizado en todos los estudios por Fortin T y cols., es un software que permite planificar la colocación de los implantes de forma virtual (Figura 1). Este sistema contiene una herramienta mecánica capaz de transferir la planificación preoperatoria vir-

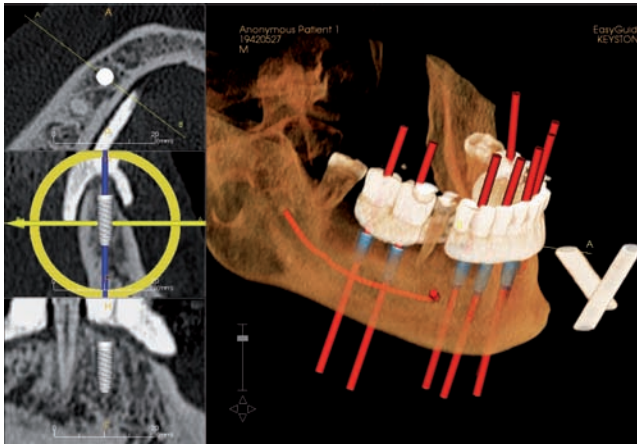


Figura 1

tual a una plantilla o férula, mediante la utilización de una máquina de fresado.

En el protocolo CADImplant® (Praxis, Grenoble, Francia) el primer paso consiste en la fabricación de una prótesis diagnóstica que será duplicada en resina transparente con dientes de resina radiopaca para poder ser utilizada como férula radiológica. Previo a la cirugía se establecen unas guías de fresado perforando la férula mediante la utilización de una máquina de fresado.

Para ello, tal y como dispone este sistema, se añade un cubo de resina acrílica preformado con dos tubos de titanio dispuestos de forma perpendicular en la parte anterior de la férula que se acoplan perfectamente a la máquina de fresado mediante un dispositivo dispuesto para este fin (Figura 2). Una vez colocada la férula en boca y acoplado el cubo de resina a la máquina de fresado, se toman las imágenes mediante un tomógrafo de haz de cono y se transfieren al software de planificación CADImplant. Una vez hemos realizado la planificación la máquina de fresado creará unos canales de acuerdo a la posición final de los implantes planificados virtualmente a través de una rela-



Figura 2

ción matemática entre las imágenes TC y la máquina de fresado; permitiendo obtener una férula quirúrgica que guíe el primer fresado durante la preparación del lecho del implante (fresa de 1,5 mm de diámetro).

Posteriormente se retirará la férula y se procederá al fresado final. Es decir, este sistema tan sólo nos permite guiar nuestro fresado hasta un diámetro de fresa de 1,5 mm, tras el cual se sigue el protocolo convencional.

En este estudio Fortín y cols. resaltan una de las principales características y a la vez ventajas de este sistema guiado semiactivo: la obtención de las imágenes a través de un tomógrafo de haz de cono (1, 5).

Gracias a este sistema de haz de cono, comparándolo con la TC convencional preoperatoria necesaria en otros sistemas guiados, que es cara y desprende altas dosis de radiación, se reduce de forma significativa el coste y esta radiación. Según Mozzo y cols. en Fortin 2004 (11), esta dosis es 1/6 de la dosis que desprende una TC convencional.

Con este sistema y en este estudio, Fortin presentó resultados que avalan la exactitud de la transferencia de datos de la planificación virtual a la cirugía con imprecisiones de 0,2 mm en el eje de translación y 1,1° en rotación.

2. IGI DenXÆ (Denx Ltd, Moshav Ora, Jerusalem, Israel)

Dos años más tarde, en febrero del 2005, Kramer y cols (13) compararon "in vitro" la exactitud en la posición, angulación e inserción en profundidad de los implantes colocados de forma convencional y mediante el sistema de navegación pasivo IGI DenX® (Figuras 3 y 4).

Los resultados no mostraron diferencias a la inspección macroscópica. Todos los implantes se colocaron correctamente; sin embargo, el análisis de la posición de los implantes reveló un incremento de la variación respecto a la posición ideal en los implantes colocados de



Figura 3



Figura 4

forma convencional comparándolos con los implantes colocados con el sistema de navegación. A pesar de estas diferencias, debemos tener presente la relación coste-beneficio, pues a pesar de que los resultados son más satisfactorios, pero no significativos, el coste de los sistemas de navegación es mayor.

Casap N y cols. (12) describieron un protocolo de cirugía sin colgajo y carga inmediata en mandíbulas edéntulas utilizando este mismo sistema de navegación (IGI DenX®). Los autores resaltaron como principal ventaja de estos sistemas la posibilidad de realizar la cirugía guiada en tiempo real.

3. RoboDent/Æ (RoboDent GMBH, Berlin, Alemania)

En agosto del mismo año, Brief y cols. (10) publicaron otro estudio "in vitro" cuyo objetivo era evaluar, de nuevo, la exactitud o precisión de los sistemas de navegación en la colocación de implantes comparándolo con la implantación manual.

La evaluación se llevó a cabo sobre fantasmas que reproducían mandíbulas parcialmente edéntulas usando el sistema RoboDent® (RoboDent GMBH, Berlín, Alemania) y de nuevo, el sistema IGI DenX® (Denx Ltd, Moshav Ora, Jerusalem, Israel).

Ambos sistemas siguen los mismos principios de navegación. A partir de una férula radiológica con marcas radiopacas posicionada en la boca del paciente se toma una tomografía computerizada (TC) o una tomografía de

volumen digital (TVD) y se transfieren las imágenes obtenidas a un software de planificación virtual capaz de crear modelos en 3 dimensiones de los maxilares del paciente.

Ambos sistemas permiten la planificación virtual de la cirugía de implantes. Para la cirugía se utiliza una cámara estereolitográfica de navegación que detecta la posición del paciente y la posición de la fresa de mano. Se conecta una referencia en el paciente, en la férula, y otra en la pieza de mano. Para la calibración de las fresas estos sistemas siguen diferentes líneas de trabajo.

En el sistema RoboDent® se conecta la fresa deseada en la pieza de mano y se establece la posición de la fresa de mano mediante cámaras infrarrojas. En el sistema DenX® el tipo de fresa se selecciona en un menú presente en el software. Durante la cirugía, la posición del hueso y la posición de la pieza de mano están expuestos continuamente, así como el movimiento de la pieza de mano, que a través de pictogramas e indicadores específicos, aparece expuesto en la pantalla del ordenador en tiempo real durante el fresado.

Los resultados obtenidos comparando lo planificado y lo realizado mostraron desviaciones en el plano perpendicular durante el fresado de 0,35 mm en la entrada y 0,47 mm en el ápice utilizando el sistema RoboDent®; desviaciones de 0,65 mm en la entrada y de 0,68 mm en el ápice mediante el sistema IGI Dent® y desviaciones de 1,35 mm en la entrada y de 1,62 mm en el ápice en la implantación manual. En el plano longitudinal las desviaciones fueron de 0,32 mm con el sistema RoboDent®, de 0,61 mm en el plano IGI Den X y de 0,84 mm con la implantación manual.

Según los resultados obtenidos la colocación de implantes de forma guiada es más precisa que la manual.

4. VectorVision Compact/Æ (VVC; BrainLAB, Heimstetten, Alemania)

Al hilo de los estudios sobre sistemas de navegación presentados, destacar el de Hoffmann y cols. (17); en su caso sobre el sistema VectorVision Compact® (VVC; BrainLAB, Heimstetten, Alemania).

Se compararon perforaciones estándar realizadas por una máquina de control numérico computerizada y posteriormente escaneadas por un escáner de alta resolución (Somaton Sensation® 16; Siemens, Erlangen, Germany) con las realizadas por un sistema de navegación. Las coordenadas de las perforaciones se determinaron utilizando la sonda 3-D de alta resolución MicroScribe-® 3D (Immersion, San José, CA) y se transfirieron para poder ser analizadas por mediación del sistema CAD (Pro/Engineer; PTC, Needham, MA).

Los resultados de este estudio demostraron que la exactitud de los sistemas de navegación es suficiente para poder utilizarlos en la práctica, sobre todo en términos de transferencia de lo planeado al campo operatorio; sin embargo, los autores de este trabajo consideran que son necesarios más estudios clínicos que evalúen y demuestren la exactitud clínica y la calidad del tratamiento.

B) PREDICTIBILIDAD**1. CADImplant System Æ (CADImplant, Medfield, MA)**

Al respecto, Fortin y cols. (16) (2003) evaluaron la predictibilidad del sistema guiado semiactivo CADImplant System® comparando toda una serie de registros pre y post-operatorios establecidos: número de implantes, tamaño de los implantes (diámetro y longitud), posibles defectos óseos en el hueso subyacente (fenestación), posibles defectos óseos en la parte coronal del implante (dehiscencia), necesidad de ampliación de la cresta antes de la colocación de los implantes (osteotomía), necesidad de injertos óseos y presencia o no de estabilidad primaria.

Los resultados de este estudio establecieron lo siguiente: en un 96,6% de los pacientes todos los implantes se colocaron en los lugares planificados. En un 86,6% de los pacientes, el tamaño de los implantes utilizados fue el de los implantes planificados. La correlación entre lo planificado y lo realizado, en cuanto a las complicaciones, fue del 95,8%. En dos pacientes se había planificado un injerto y una osteotomía que finalmente no se realizó.

A grandes rasgos, las diferencias entre lo planificado y lo realizado, fueron aceptables. No se llevaron a cabo grandes modificaciones de aquello que se había planificado.

En este estudio Fortin y cols, describieron las principales ventajas de la cirugía sin colgajo atendiendo a los excelentes resultados obtenidos en sus numerosos estudios. Principalmente, el alto porcentaje de éxito en carga inmediata al mantener el aporte sanguíneo al hueso subyacente como consecuencia de no causar disrupciones en el periostio al no levantar colgajo alguno, la disminución del tiempo de tratamiento total y del discomfort del paciente (18).

Haciendo alusión a esta última ventaja es importante destacar de nuevo la aportación realizada por Fortin y cols, con sus estudios al desarrollo de estos sistemas. En este caso por su valor clínico y científico presentamos el estudio más reciente de este clínico publicado en el 2006 (4) cuyo objetivo era comparar la experiencia de dolor tras la colocación de implantes mediante dos procedimientos quirúrgicos diferentes: a) cirugía sin colgajo utilizando un sistema de cirugía guiada por imagen con la utilización de una férula quirúrgica y b) una cirugía de colgajo convencional.

Para el desarrollo de este estudio se crearon dos grupos con una muestra de 30 individuos por grupo. En el primer grupo se llevó a cabo una cirugía sin colgajo utilizando el CADImplant System® (CADImplant, Medfield, MA) y en el segundo grupo, una cirugía con colgajo convencional.

La medicación postoperatoria prescrita a los dos grupos fue diferente. Al primer grupo se le prescribió antibiótico durante seis días (2 gr de penicilina al día) y Paracetamol (500 mg) o antiinflamatorio no-esteroideo (400 mg) siempre que el paciente sintiera que era necesario. Al segundo grupo, en cambio, también se le prescribió un antiinflamatorio esteroideo durante 4 días.

Una vez realizada la cirugía, tanto la guiada como la convencional, se repartieron unos cuestionarios a todos los pacientes para el registro de datos. En este cuestiona-

rio se registraba: el nivel de dolor percibido por el paciente según escala visual análoga (VAS) descrita por Eli y cols. (19) en el año 2000, número y nombre de los medicamentos tomados durante el día y si había aparecido edema, hematoma o parestesia tras la intervención.

Tras el análisis estadístico de los datos registrados mediante el software Stata 7.0 los resultados obtenidos reflejaban valores de VAS superiores en cirugía convencional respecto a cirugía guiada con diferencias estadísticamente significativas. Los pacientes que referían no haber notado dolor durante los tres primeros días tras la cirugía fueron del doble en el grupo de cirugía sin colgajo. Respecto a la medicación, el grupo de pacientes sometidos a cirugía sin colgajo tomaron medicación durante periodos de tiempo más cortos.

Este tipo de abordaje, tal y como hemos mencionado con anterioridad, permite rehabilitar de forma provisional al paciente en el mismo acto quirúrgico, pues al disponer de un modelo del paciente con los implantes colocados, derivado de la planificación virtual realizada, podemos contar con la prótesis a colocar antes de empezar a insertar los implantes (11, 20).

2. Mapeo óseo

Rocci A (15) en el año 2003 evaluó los resultados clínicos, tras tres años de seguimiento, de la aplicación de un protocolo de carga inmediata que incluía: cirugía guiada mínimamente invasiva sin colgajo, colocación de implantes en posiciones planificadas previamente y colocación de prótesis provisional en el mismo acto quirúrgico.

La planificación de la cirugía se realizó mediante mapeo de la cresta ósea residual utilizando una férula de acrílico con varias perforaciones, de 2 mm de diámetro cada una, distribuidas a lo largo de la superficie vestibular y palatina de la zona edéntula a rehabilitar, coincidiendo con la posición del implante a colocar. Las mediciones tomadas en boca con esta férula se transfirieron al modelo de yeso del paciente, donde se colocaron réplicas de implante en las posiciones deseadas. Al tener los implantes colocados en el modelo fue posible la elaboración de la prótesis provisional.

Una vez colocadas las réplicas según los valores del mapeo crestal se diseñó la férula quirúrgica y se procedió a la colocación de los implantes en los lugares planificados.

Se registró un éxito del 91% a los 3 años de seguimiento. Los fracasos coincidían con implantes colocados en lechos postextracción tal y como también había reportado, en otros estudios donde se habían empleado esta técnica (21,22).

3. Nobel-Guide ® (Nobel Biocare AB, Goteborg, Suecia)

Siguiendo otro protocolo de carga inmediata con el objetivo de validar este tipo de tratamientos, van Steenberghe D y cols. (23) presentaron en el año 2005 un estudio con el objetivo de 1) evaluar un tratamiento que incluye cirugía guiada sin colgajo y colocación en el mismo acto de la prótesis provisional que previamente tendremos ya preparada

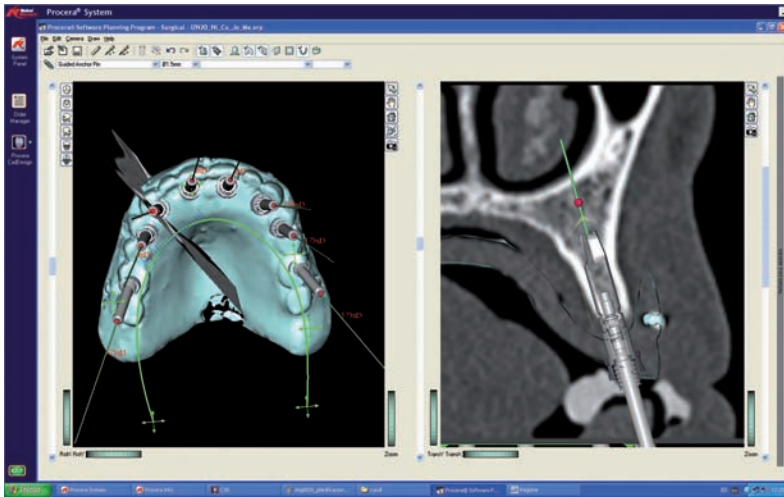


Figura 5

a partir de la planificación virtual y 2) validación de la universalidad de este concepto en un estudio clínico multicéntrico.

Van Steenberghe y cols. utilizaron el concepto de tratamiento de dientes en una hora de Nobel-Biocare® (Nobel Biocare AB, Goteborg, Sweden).

Este tratamiento se inicia con la elaboración de una férula radiológica, duplicado de la prótesis del paciente. El protocolo de TC incluye dos escáneres, uno del paciente con la férula colocada y otro de la propia férula. Gracias al software las imágenes DICOM de la boca del paciente y de la guía se convierten en modelos tridimensionales que permiten su superposición (Figura 5).

Una vez realizada la planificación virtual se elabora la plantilla quirúrgica a partir de los modelos esterolitográficos de la prótesis, que permite la colocación de los implantes de manera totalmente guiada, desde el primer fresado hasta la colocación de los implantes.

Se trata de una guía quirúrgica de soporte mucoso con tres pines de anclaje adicional (Figura 6).



Figura 6

Tras la colocación de los implantes se retira la guía quirúrgica y se coloca en el mismo momento la prótesis provisional atornillada que este sistema permite tener preparada a partir del modelo que obtenemos de la planificación virtual.

Van Steenberghe y cols. evalúan en este estudio la estabilidad de la prótesis y de los implantes, la presencia de periimplantitis y posibles signos de bruxismo, a lo largo de un programa de seguimiento a los 1, 3, 6 y 12 meses tras la cirugía. A su vez, mediante la escala análoga visual descrita por Eli y cols. en el año 2000 (19), se valoró la opinión de paciente en cuanto a la estética, el habla, la función oral y la sensación táctil; así como la opinión del clínico en referente a la función y la estética. A través de una seriada radiográfica periapical utilizando la técnica del cono paralelo se evaluaron cambios en el nivel de hueso marginal alrededor de los implantes durante el primer año tras la cirugía de implantes.

Los resultados muestran una reabsorción ósea media de 1,2 mm en el área mesial y de 1,1 mm en distal. En cuanto a complicaciones, se registra: pérdida de tornillo en 1 paciente, fractura oclusal en 2 pacientes, dolor moderado de pocos días de evolución en 4 pacientes y 6 casos de bruxismo.

A grandes rasgos, se observa una tasa de éxito del 100% tras un año de seguimiento. Se trata de una técnica que simplifica y acorta enormemente el tiempo de la cirugía.

4. Implant (Materialise/Medical)

Al hilo de lo presentado por van Steenberghe, destacamos un estudio de Sarment y cols. (24) presentado dos años antes, en el año 2003, en el que utilizaban la técnica CAD/CAM para la elaboración de la férula quirúrgica a partir de un modelo esterolitográfico y lo comparaban con la utilización de una férula quirúrgica convencional obtenida a partir de la férula radiológica (Figura 7). Para

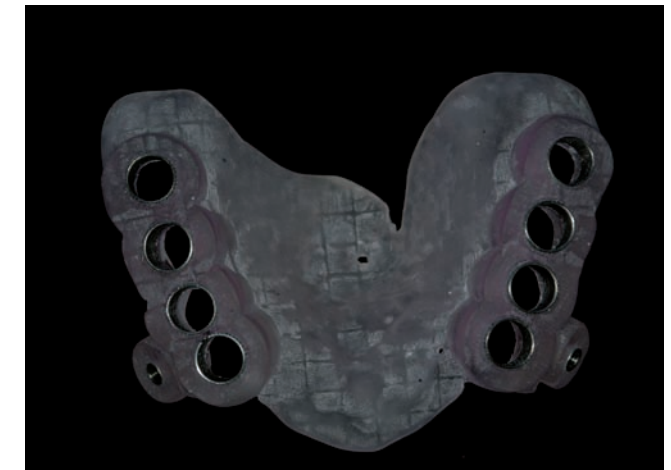


Figura 7

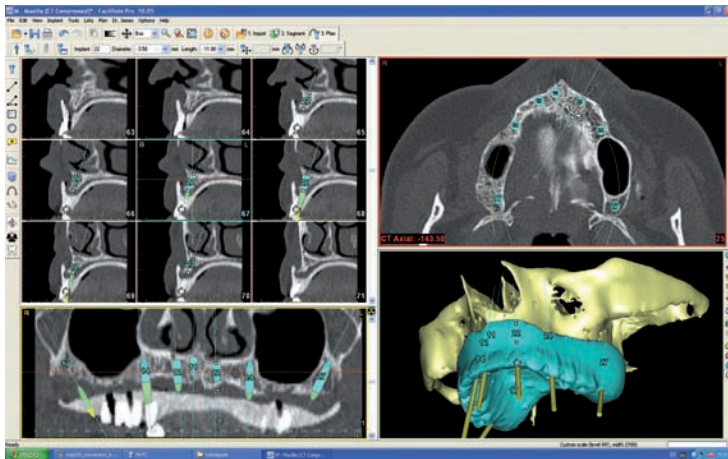


Figura 8

planificar la colocación de los implantes de forma virtual utilizaban el software Simplant® (Materialise/Medical) (Figura 8).

Los resultados mostraban las siguientes desviaciones entre lo planificado y lo ejecutado a la hora de fresar los alveolos de los implantes: utilizando la guía convencional la desviación media fue de 1,5 mm en la entrada y de 2,1 mm en el ápice y utilizando la guía estereolitográfica o Surgi-Guide fue de 0,9 mm en la entrada y de 1,0 mm en el ápice.

Así pues, estos clínicos demuestran a través de este estudio "in vitro", que podemos realizar una cirugía de implantes más exacta y precisa utilizando guías estereolitográficas ya sea por el sistema CAD/CAM o por otro dispositivo para este fin.

Di Giacomo GA y cols. (25), en su estudio publicado en Abril del 2005, afirmaron que esta técnica a pesar de ser muy útil durante la colocación de los implantes, necesita mejorar la estabilidad de este tipo de guías, sobre todo en casos de guías no dentosportadas.

C) OTRAS APLICACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS GUIADOS

1. Análisis de las imágenes tomográficas

En la literatura hemos encontrado otras aplicaciones para la utilización de los sistemas guiados por la imagen. Wat P y cols. (26) en 2002 describieron una técnica que permite realizar un análisis de las imágenes tomográficas de los futuros lechos de los implantes a colocar mediante la utilización de una férula radiológica.

Gracias a esta técnica podemos planificar la posición y angulación de los implantes que vamos a colocar previo a la cirugía y fabricar una férula quirúrgica que nos ayude en este propósito.

A partir de los modelos del paciente montados en articulador y de un encerado diagnóstico de la zona a rehabilitar, se diseña una férula radiológica donde marcaremos la posición de los implantes a colocar. En este momento se establecen toda una serie de planos y ángulos de referencia que finalmente, y con la ayuda de un paralelómetro (Metaux®, Precieux, Neuchatel, Switzerland), permitirán

planificar la posición de los implantes en el modelo de yeso del paciente.

Posteriormente se realiza un tomograma Scanora del paciente con la férula colocada en boca. Mediante la superposición de la imagen radiográfica, la planificación que previamente hemos realizado en el modelo y una plantilla se crea la trayectoria definitiva de los implantes.

Las modificaciones en angulación las podemos realizar con la ayuda de un paralelómetro. Finalmente transformaremos esta férula radiológica que contiene toda la información que nos interesa en férula quirúrgica, simplificando enormemente la cirugía de implantes.

2. Mini-implantes de ortodoncia

Kitai N y cols (27) en 2002 describen la utilización de férulas obtenidas a partir de modelos estereolitográficos para la colocación de miniimplantes de ortodoncia. Utiliza el software Surfacer® (Structural Dynamic Research) para planificar la dirección de los miniimplantes y transferirlos a la férula quirúrgica.

3. Medición de alveolos postextracción

Como variante de estos sistemas, Juodzbalys G (28) en 2003 presenta un instrumento y un programa informático para la medición de alveolos postextracción y la planificación de la colocación del implante.

El instrumento diseñado por el propio Juodzbalys consiste en un cordón central con dos anillos, uno superior y otro inferior, roscados en el cordón, del mismo diámetro que el implante a colocar y seis sondas graduadas en milímetros que pasan a través de los anillos.

Una vez exodonciado el diente se introduce el instrumento en el alveolo con una orientación similar a la que seguiría el implante a colocar. La parte central (cordón) se introduce en el alveolo presionándolo hasta que se introduce en la parte apical. El anillo superior se posiciona y se enrosca a 2 mm por debajo del cervix del diente adyacente (posición del cuello del implante planeado). El anillo inferior se enrosca en la porción central del instrumento dejando 3-4 mm de espacio respecto al anillo superior. Se estabilizan las sondas y se introducen todos los valores en el ordenador. El programa se basa en dos principios fundamentales: 1) el implante debe quedar estabilizado al menos con 3-5 mm de hueso en su parte apical y 2) no menos del 30% de la superficie del implante debe tener soporte óseo. En base a estos principios y a los valores registrados con este instrumento se selecciona el tamaño, el diámetro y longitud del implante a colocar.

4. Comparación valores tomográficos con registros intraoperatorios reales

Finalmente, Ikumi N y cols. (29) presentan en el año 2005 un estudio donde se muestra una nueva aplicación de los sistemas guiados por la imagen.

Estos clínicos realizan un estudio con el objetivo de examinar la correlación entre la TC y la realidad, en cuanto a valores de hueso se refiere, comparando los valores

que ofrece la TC y los valores de torque durante la colocación de los implantes.

Para el cálculo sobre las imágenes de la TC utilizan el escáner Aquilino Multi® TSX-101/4^a (Toshiba Medical Systems, Tokio, Japón), para la colocación virtual de los implantes, el software Simplant® (Materialise, Leuven, Bélgica) y para la colocación real de los mismos, el motor OsseoCare® DEC600 (Nobel Biocare, Göteborg, Suecia).

Los resultados muestran una significativa correlación entre los valores de la TC y los valores de torque durante la colocación de los implantes. Por lo tanto, y a partir de este estudio, los autores sugieren que una TC preoperatoria y una planificación virtual, constituyen una herramienta válida para poder evaluar antes de la cirugía la estabilidad primaria de los implantes que vamos a colocar.

Utilizando estos sistemas como herramienta diagnóstica es posible realizar un tratamiento mínimamente invasivo. De este tratamiento se obtienen multitud de beneficios: cambios mínimos en el hueso residual, mínima inflamación y sangrado y por consiguiente un menor discomfort por parte del paciente (30).

CONCLUSIONES

Tal y como se deriva de las principales conclusiones de la mayoría de estudios realizados sobre este tema, es de suma importancia la selección del paciente y la can-

tidad de hueso disponible para la colocación de implantes. Si podemos llevar a cabo una cirugía sin colgajo que además esté en todo momento guiada por sistemas guiados por la imagen, los resultados obtenidos mejoran enormemente, pues podemos guiar y conocer con exactitud la posición de los implantes a colocar y podemos llegar a rehabilitar a nuestro paciente de forma provisional en el mismo acto quirúrgico.

Lo que sí está claro es que la cirugía sin colgajo minimiza el trauma quirúrgico y se deriva de ello una menor reabsorción ósea al mantener y proteger la vascularización. Asimismo, es posible disminuir el tiempo de tratamiento total y el discomfort del paciente.

No obstante, son necesarios más estudios clínicos a largo plazo que resuelvan cuestiones como la relación coste-beneficio, la efectividad o la predictibilidad de estos tratamientos.

CORRESPONDENCIA

Vanessa Fortes García
Clínica Aparicio, Mitre, 72-74 b
08021 Barcelona
Tel. + 34 932094342
Fax + 34 932022298
E- mail: vanessa.fortes@clinicaaparicio.com
www.clinicaaparicio.com

BIBLIOGRAFÍA

1. Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D. State of the art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Investig*. 2006; 10(1): 1-7.
2. Birkfellner W, Solar P, Gahleitner K, et al. In-Vitro assessment of a registration protocol for image guided implant dentistry. *Clin Oral Implants Res*. 2001; 12: 69-78.
3. Wanschitz F, Birkfellner W, Figl M, et al. Computer-enhanced stereoscopic vision in a head-mounted display for oral implant surgery. *Clin Oral Implants Res*. 2002; 13: 610-616.
4. Fortin T, Bosson JL, Isidori M, Blanchet E. Effect of flapless surgery on pain experienced in implant placement using an image-guided system. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006; 21:298-304.
5. Fortin T, Champeboux G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. An in vitro study. *Clin. Oral Implants Res*. 2002, 13: 651-656.
6. Klein M, Abrams M. Computer-guided surgery utilizing a computer-milled surgical template. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2001; 13: 165-169.
7. Tardieu PB, Vrielinck L, Escolano E. Computer-assisted implant placement. A case report: treatment of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2003; 18: 599-604.
8. Van Steenberghe D, Naert I, Andersson M, Brajnovic I, Van Cleynenbreugel J, Suetens P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla. A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2002; 17: 663-670.
9. Van Steenberghe D, Malevez C, van Cleynenbreugel J, et al. Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CR-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin Oral Implants Res*. 2003; 14: 131-136
10. Brief J, Edinger D, Hassfeld S, Eggers G. Accuracy of image-guided implantology. *Clin. Oral Impl. Res*. 2005; 16: 495-501.
11. Fortin T, Isidori M, Blanchet E, Perriat M, Bouchet H, Coudert JL. An image-guided system-drilled surgical template and trephine guide pin to make treatment of completely edentulous patients easier: a clinical report on immediate loading. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2004; vol. 6: 111-119.

12. **Casap N, Tarazi E, Sonnenfeld U, Lustmann.** Intraoperative computerized navigation for flapless implant surgery and immediate loading in the edentulous mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005; 20: 92-98.
13. **Kramer FJ, Baethge C, Swennen G, Rosahl S.** Navigated vs. conventional implant insertion for maxillary single tooth replacement. *Clin. Oral Implants Res.* 2005; 16: 60-68.
14. **Widmann G, Bale RJ.** Accuracy in computer-aided implant surgery. A review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006; 21(2): 305-313.
15. **Rocci A, Martignoni M, Gottlow J.** Immediate loading in the maxilla using flapless surgery, implants placed in pre-determined positions, and prefabricated provisional restorations: a retrospective 3-year clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* 2003; vol. 5, suppl 1: 29-37.
16. **Fortin T, Bosson JL, Coudert JL, Isidori M.** Reliability of preoperative planning of an image-guided system for oral implant placement based on 3-dimensional images: an in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003; 18: 886-893.
17. **Hoffmann J, Westendorff C, Schneider M, Reinert S.** Accuracy assessment of image-guided implant surgery: an experimental study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005; 20: 382-386.
18. **Campelo LD, Dominguez Camara JR.** Flapless implant surgery: a 10-year clinical retrospective analysis. *Int J Oral maxillofac Implants.* 2002; 17: 271-276.
19. **Eli I, Schwartz-Arad D, Baht R, Ben-Tuvim H.** Effect of anxiety on the experience of pain in implant insertion. *Clin Oral Implants Res.* 2003; 14: 115-118.
20. **Aparicio C, Rangert B, Sennerby L.** Immediate/early loading of dental implants: a report from the Sociedad Española de Implantes World Congress consensus meeting in Barcelona, Spain, 2002.
21. **Maló P, Rangert B, Dväsäter L.** Immediate function of Brånemark implants in the esthetic zone: a retrospective clinical study with 6 months to 4 years of follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2000; 2: 138-146.
22. **Chaushu G, Chaushu S, Tzohar A, Dayan D.** Immediate loading of single-tooth implants: immediate versus non-immediate implantation. A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001; 16: 267-272
23. **Van Steenberghe D, Glauser R, Blombäck U, Andersson M, Schutyser F, Pettersson A, Wendelhag I.** A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: a retrospective multicenter study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* 2005; vol. 7, Suppl 1: 111-120.
24. **Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N.** Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003; 18: 571-577.
25. **Di Giacomo GA, Cury PR, de Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL.** Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. *J Periodontology.* 2005; 76(4): 503-7.
26. **Wat PYP, Chow TW, Luk HWK, Comfort MB.** Precision surgical template for implant placement: a new systematic approach. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* 2002; vol. 4: 88-93.
27. **Kitai N, Yasuda YY, Takada K.** A stent fabricated on a selectively colored stereolithographic model for placement of orthodontic mini-implants. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 2002; 17:264-266.
28. **Juodzbalys G.** Instrument for extraction socket measurement in immediate implant installation. *Clin. Oral Implants Res.* 2003; 14: 144-149.
29. **Ikumi N, Tsutsumi S.** Assessment of correlation between computerized tomography values of the bone and cutting torque values at implant placement: a clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005; 20: 253-260.
30. **Becker W, Goldstein M, Becker BE, Sennerby L.** Minimally Invasive flapless implant surgery: a prospective multicenter study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research.* 2005; vol. 7, Suppl 1: 21-27.