



# Cirugía guiada por ordenador sin colgajo y carga inmediata en el maxilar superior: caso clínico

## Computer-guided flapless surgery and immediate loading in the upper jaw: a case report

Autor: Jesús Carmona Tornero

Trabajo de Fin de Máster

Universidad de Sevilla

Máster Oficial en Odontología Médico-Quirúrgica e Integral

Tutora: Eugenio Velasco Ortega

Cotutora: Loreto Monsalve Guil

Sevilla, junio de 2021



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DR/EUGENIO VELASCO ORTEGA, PROFESOR TITULAR ADSCRITO AL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA, COMO DIRECTOR/A DEL TRABAJO FIN DE **MÁSTER OFICIAL EN ODONTOLOGÍA MÉDICO-QUIRÚRGICA E INTEGRAL** Y DRA. LORETO MONSALVE GUIL, PROFESORA AYUDANTE DOCTOR ADSCRITO AL DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA, COMO COTUTOR/A DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER.

**CERTIFICAN:** QUE EL PRESENTE TRABAJO TITULADO "CIRUGÍA GUIADA POR ORDENADOR SIN COLGAJO Y CARGA INMEDIATA EN EL MAXILAR SUPERIOR: CASO CLÍNICO "

HA SIDO REALIZADO POR JESÚS CARMONA TORNERO BAJO NUESTRA DIRECCIÓN Y CUMPLE A NUESTRO JUICIO, TODOS LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA SER PRESENTADO Y DEFENDIDO COMO TRABAJO DE FIN DE MÁSTER.

Y PARA QUE ASI CONSTE Y A LOS EFECTOS OPORTUNOS, FIRMAMOS EL PRESENTE CERTIFICADO, EN SEVILLA A DÍA 4 DE JUNIO DE 2021.

D./D<sup>a</sup> E. VELASCO ORTEGA

TUTOR/A

D./D<sup>a</sup> LORETO MONSALVE GUIL

COTUTOR/A



Facultad de Odontología



D/Dña. (Apellidos y Nombre)

...CARMONA TORNERO JESÚS.....

con DNI...30257967-R.....alumno/a del Máster Oficial

...ODONTOLOGÍA MEDICO-QUIRÚRGICA E INTEGRAL.....

de la Facultad de Odontología (Universidad de Sevilla), autor/a del Trabajo Fin de Máster titulado:

...CIRUGÍA GUIADA POR ORDENADOR SIN COLGAJO Y CARGA INMEDIATA EN EL MAXILAR SUPERIOR...  
...CASO CLÍNICO.....

**DECLARO:**

Que el contenido de mi trabajo, presentado para su evaluación en el Curso ...2020/2021....., es original, de elaboración propia, y en su caso, la inclusión de fragmentos de obras ajenas de naturaleza escrita, sonora o audiovisual, así como de carácter plástico o fotográfico figurativo, de obras ya divulgadas, se han realizado a título de cita o para su análisis, comentario o juicio crítico, incorporando e indicando la fuente y el nombre del autor de la obra utilizada (Art. 32 de la Ley 2/2019 por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, BOE núm. 53 de 2 de Marzo de 2019)

**APERCIBIMIENTO:**

Quedo advertido/a de que la inexactitud o falsedad de los datos aportados determinará la calificación de NO APTO y que asumo las consecuencias legales que pudieran derivarse de dicha actuación.

Sevilla...4...de...JUNIO...de 20...21.....

(Firma de interesado)

Fdo.: JESÚS CARMONA TORNERO

# Agradecimientos

*A mi tutor, el Prof. Dr. Eugenio Velasco Ortega, por su enseñanza, paciencia y motivación.*

*A mi cotutora, la Prof.<sup>a</sup> Dra. Loreto Monsalve Guil, por haberme guiado con afecto y de forma excelente en la elaboración de este trabajo.*

*A mis padres y a Rocío, por todo el amor y el apoyo que me han brindado durante este año.*

# Resumen

En las dos últimas décadas, la cirugía guiada por ordenador se ha consolidado como la técnica quirúrgica de colocación de implantes dentales más precisa, predecible, segura y controlada. Se trata de un tratamiento mínimamente invasivo con una alta tasa de éxito y escasas molestias para el paciente, que requiere la máxima exigencia en cada una de sus fases. Esta técnica se basa en incorporar los datos anatómicos obtenidos de una tomografía computarizada y un escaneado del maxilar, dentro de un programa informático para la planificación virtual y la fabricación de una férula quirúrgica estereolitográfica, que guíe y posicione el implante en la posición ideal preestablecida.

Presentamos el caso clínico de un hombre de 74 años de edad desdentado parcialmente, para una rehabilitación fija implantoprotésica del maxilar superior mediante la colocación de 8 implantes dentales con cirugía guiada por ordenador. Los datos anatómicos fueron incorporados al software informático Galimplant3D® para la planificación virtual y la confección de una férula quirúrgica estereolitográfica de soporte mucoso. Los implantes fueron insertados con éxito sin levantar un colgajo y se procedió a colocar una prótesis provisional cargada inmediatamente. Después de 6 meses de osteointegración, se rehabilitó con una prótesis híbrida definitiva y, tras 5 años, no ha habido complicaciones y el paciente se encuentra totalmente satisfecho.

# Abstract

In the last two decades, computer-guided surgery has established itself as the most precise, predictable, safe and controlled surgical technique for dental implant placement. It is a minimally invasive treatment with a high success rate and little discomfort for the patient, which requires the highest demands in each of its phases. This technique is based on incorporating the anatomical data obtained from a computed tomography and a scan of the jaw, into a computer program for the virtual planning and fabrication of a stereolithographic surgical splint, which guides and positions the implant in the pre-established ideal position.

We present the clinical case of a partially toothless 74-year-old man for fixed implant-prosthetic rehabilitation of the upper jaw by placing 8 dental implants with computer-guided surgery. The anatomical data were incorporated into the Galimplant3D® computer software for the virtual planning and fabrication of a mucosal support stereolithography surgical splint. The implants were successfully inserted with a flapless surgery and a loaded provisional prosthesis was placed immediately. After 6 months of osseointegration, he was rehabilitated with a definitive hybrid prosthesis and, after 5 years, there have been no complications and the patient is completely satisfied.

# Índice

1. Introducción .....	1-11
2. Caso clínico .....	11-18
5. Discusión .....	19-23
6. Conclusiones .....	24
7. Bibliografía .....	24-30

# INTRODUCCIÓN

## **1. Historia de la implantología y conceptos básicos**

Desde los albores de la humanidad, los seres humanos han sufrido las consecuencias de perder su dentición y han buscado diferentes métodos para reemplazar sus dientes perdidos. Se han hallado restos arqueológicos de antiguas civilizaciones como la egipcia o precolombinas donde ya se realizaban la inserción de distintos materiales (marfil tallado y conchas marinas) como implantes dentales, con fines ceremoniales aunque con dudoso éxito. En la antigüedad, la pérdida o ausencia de la dentición generaba problemas que incluso podían suponer un riesgo para la supervivencia del individuo (1). Esta problemática se solventó con los avances en el procesamiento de alimentos, aunque las consecuencias del edentulismo parcial o total, problemas digestivos, temporomandibulares, estéticos, fonéticos y psicológicos, siguen y seguirán presentes en nuestra condición humana.

Han pasado ya más de 50 años desde que el doctor sueco Per-Ingvar Branemark, revolucionase las ciencias odontológicas al publicar los primeros estudios preclínicos y clínicos de implantes de titanio para reponer dientes ausentes y/o perdidos. Sin embargo, otros autores como Campoverde, Adams, Strock y Dahl ya habían intentado años antes insertar implantes metálicos sin llegar a una predictibilidad adecuada. Branemark, apoyado en los estudios de Leventhal (2), que demostraban la integración tisular del titanio, diseñó un implante dental roscado fabricado en este metal y con una superficie rugosa capaz de integrarse con éxito en el hueso maxilar. Los experimentos de Branemark demostraron que era posible conseguir un anclaje directo del implante en huesos de animales aplicando unas determinadas pautas específicas y, años más tarde, confirmó con seguridad este descubrimiento en humanos (3).

Branemark fue el primero en utilizar el término osteointegración para referirse al “contacto directo (a nivel microscópico), sin interposición de tejido blando, entre el hueso vivo y el implante”. Fue Schroeder quien demostró esta osteointegración a nivel microscópico y, posteriormente, Albrektsson documentó su predictibilidad (4). Dicha definición se modificó con el fin de hacerla más acotada y darle un sentido más biomecánico como: “el proceso mediante el cual se logra y se mantiene una fijación rígida y clínicamente asintomática de materiales aloplásticos en el hueso durante carga funcional” (5).



Otro concepto indispensable y en íntima relación con el proceso de osteointegración, es la estabilidad del implante, constituida por la estabilidad primaria y secundaria. La estabilidad primaria es un concepto puramente mecánico y se obtiene como resultado de un “ajuste a presión” entre el implante y el hueso cortical, donde se debe producir un mínimo desplazamiento lateral del tejido óseo para obtener un estable y estrecho contacto.

La necesidad de obtener una estabilidad primaria suficiente es imperativa para que se dé la osteointegración y comience la estabilidad secundaria o biológica. Una vez colocado el implante de forma adecuada, dará comienzo una cascada de fenómenos celulares y moleculares (angiogénesis, formación ósea y remodelación ósea...), que terminarán de estabilizar el implante en su sitio. Sin embargo, cuando las condiciones no son las ideales y el implante sufre determinadas cargas sin tener una estabilidad mecánica suficiente, la cascada de eventos puede perturbarse y originar una encapsulación fibrosa del implante la cual genera el fracaso del tratamiento (6).

Como ya hemos visto, la implantología dental ha avanzado a pasos agigantados y gracias a las altas tasas de éxito a largo plazo que se sitúan sobre el 95% a los 10 años (7–10) y superiores al 90% a los 15 años (3,11–13), han convertido los implantes de titanio en la primera opción de tratamiento a la hora de reemplazar los dientes perdidos y mejorar la calidad de vida de millones de personas. Los objetivos principales que se buscan con el tratamiento de implantes son lograr unos resultados exitosos desde un punto de vista funcional, estético y fonético con una alta predictibilidad y estabilidad a largo plazo, así como, un bajo riesgo de complicaciones durante la cicatrización y periodo de mantenimiento.

En 1981, Albrektsson definió los factores necesarios que se deben controlar simultáneamente, con el fin de obtener una exitosa y predecible integración del implante en el hueso humano. Estos factores son: 1) biocompatibilidad del material del implante, 2) diseño, 3) tratamiento superficial del implante, 4) condición ósea, 5) técnicas quirúrgicas y 6) condición de la carga protésica (4).

Uno de los factores más importantes para alcanzar el éxito en el tratamiento con implantes es la condición ósea del individuo, es decir, la cantidad y la calidad de lecho óseo receptor. De hecho, la estabilidad primaria del implante y la previsibilidad de un resultado exitoso viene determinado directamente por el volumen óseo disponible y su calidad o densidad (14). Con ayuda de pruebas diagnósticas, debemos ser conocedores de la altura y anchura ósea donde vamos a colocar nuestro implante, así como la densidad ósea y el espesor del hueso cortical. En

este caso, la tomografía axial computarizada de haz cónico representa una herramienta eficaz para realizar la evaluación ósea preoperatoria, ya que nos va a ofrecer las dimensiones del lecho y la densidad ósea que presenta (15). De la misma forma, vamos a conocer aspectos anatómicos de interés y la relación milimétrica que existe con estructuras vecinas (16).

La calidad ósea varía inter e intrasujeto dependiendo del grosor cortical, la cantidad de hueso trabecular y la cantidad de mineralización del tejido óseo en la región de interés. El volumen óseo disponible va a dictaminar las medidas del implante ya que siempre debemos intentar maximizar el contacto hueso-implante. Sabemos que un implante colocado en hueso compacto tiene mayor probabilidad de conseguir una adecuada estabilidad primaria y que, en áreas de peor calidad y densidad ósea, debemos intentar conseguir el máximo soporte óseo del implante (17).

Como ya hemos visto, desde que surgió la implantología, los avances en investigación han ido redefiniendo el tratamiento implantológico con el objetivo de satisfacer las crecientes expectativas de los pacientes en cuanto a comodidad, estética y menor duración del tratamiento. Este último punto, ha supuesto en las últimas décadas, el desarrollo de nuevos protocolos de carga y rehabilitación de los implantes.

El primer protocolo de carga de los implantes fue introducido por Branemark e incluyó un procedimiento en dos etapas, donde dejaba el implante sumergido, separado de su carga protésica por un periodo de osteointegración mínimo de 3 a 4 meses en la mandíbula y de 6 a 8 meses en el maxilar (18). El tiempo requerido antes de cargarlos implantes se encuentra muy relacionado con la calidad del hueso receptor, por lo que si se trata de un hueso demasiado blando o poroso, se aumentará un par de meses más el tipo de curación .

Normalmente, durante este periodo de osteointegración, los pacientes utilizan prótesis removibles de forma temporal con las que se encuentran bastante incómodos, por lo que es interesante plantearse la posibilidad de acortar este intervalo de tiempo sin comprometer el tratamiento. De esta forma, Schnitman et al. (19) publicó en 1990, el primer ensayo longitudinal que sugería que los implantes podían cargarse con éxito inmediatamente o de forma temprana en mandíbulas de pacientes seleccionado.

Hoy en día, los implantes de carga inmediata y temprana se emplean comúnmente, sobre todo en casos de mandíbulas de buena calidad ósea. Entonces, podemos distinguir 4 protocolos de carga: carga inmediata, carga temprana, carga convencional y carga diferida (20).

1. Carga inmediata: se realiza desde la colocación quirúrgica del implante hasta una semana después, es decir, cuando comienza la estabilidad secundaria.
2. Carga temprana: se realiza desde una semana tras la colocación quirúrgica del implante hasta antes de 2 meses.
3. Carga convencional: se realiza la carga desde los 2 meses hasta los 6 meses dependiendo si es en mandíbula o maxilar.
4. Carga diferida: se realiza una vez pasado los 6 meses de osteointegración.

Las microcargas excesivas que reciben los implantes dentales durante el proceso de osteointegración, son consideradas uno de los principales riesgos para este fenómeno. Cargas superiores a 150 micrones durante esta etapa, suponen un alto riesgo de que el implante sufra una encapsulación fibrosa y, por tanto, fracase el tratamiento. Sin embargo, la presencia de micromovimientos por debajo de dicha cifra, puede incluso estimular la remodelación de hueso recién formado alrededor de un implante cargado de forma temprana, acelerando así el proceso de osteointegración (21).

Existe cierta controversia respecto a las tasas de supervivencias (fracaso del implante, de la prótesis o pérdida ósea marginal) entre los distintos tipos de carga. Según la revisión sistemática de Esposito et al. en 2013 (22), no existe evidencia significativa de que aumente la tasa de fracaso por cargar antes los implantes, aunque concluye que no está del todo claro. En la revisión sistemática de Chen et al. (23), se concluye que la carga inmediata y la temprana son comparables en cuanto a tasas de supervivencia y pérdida ósea marginal. No obstante, entre carga inmediata y convencional, existe un mayor riesgo de fracaso en la inmediata, aunque no se observan diferencias en cuanto a pérdida ósea marginal y profundidad de sondaje. La decisión de cargar inmediatamente un implante depende de su estabilidad primaria fundamentalmente. Un valor alto de torque de inserción, de al menos 35 Ncm, parece ser uno de los requisitos previos para el éxito (20).

Debemos tener un exhaustivo control sobre las cargas funcionales de los implantes, sobre todo cuando decidimos aplicar una carga inmediata. Sabemos que las fuerzas oblicuas y horizontales son más perjudiciales que las axiales. Se debe prestar especial atención en distribuir de forma uniforme la carga masticatoria a través de distintos métodos: dispositivos de ferulización, evitar voladizos protésicos, emplear dientes naturales como topes oclusales, número adecuado de implantes. De esta forma, en pacientes que presenten hábitos parafuncionales como el bruxismo, los profesionales deben ser mucho más prudentes y descartar un protocolo de carga inmediata.

## **2. Cirugía guiada**

Antes de comenzar la técnica quirúrgica de colocación de implantes dentales, es necesario realizar un diagnóstico integral y una planificación completa del tratamiento, todo ello con el objetivo de reducir posibles riesgos y complicaciones, así como prever y alcanzar el éxito del tratamiento. Primero debemos realizar la elaboración de la historia clínica del paciente, seguido de una exploración clínica exhaustiva que comprende un estudio visual oral y extraoral y la palpación de las estructuras anatómicas. Todo ello sin olvidarnos de las correspondientes pruebas diagnósticas complementarias de imagen y radiológicas, al igual que la elaboración de los modelos de estudio y laboratorio (24).

Tradicionalmente, la técnica quirúrgica que se ha empleado de forma convencional hasta nuestros días ha sido la colocación a mano alzada de los implantes dentales, a través de un colgajo a espesor total de extensión suficiente para exponer el hueso. Sin embargo, dicha técnica, a pesar de su ya comentada elevada tasa de éxito, presenta varias limitaciones.

La primera de ellas es la elevación de un colgajo mucoperióstico, lo que supone aumentar la posibilidad de complicaciones como sangrado, inflamación y malestar por parte del paciente. Además, al separar el periostio y el plexo supraperióstico del hueso subyacente, disminuye su vascularización y potencial osteogénico, lo que provoca una cierta pérdida ósea marginal alrededor del implante (25).

Otra limitación es la precisión en la posición tridimensional del implante, ya que supone un verdadero desafío cuando se coloca a mano alzada por el cirujano (26,27). Los implantes deben posicionarse según la prótesis definitiva y no la condición ósea del individuo. El correcto posicionamiento del implante es esencial para lograr resultados protésicos y estéticos favorables, estabilidad a largo plazo de los tejidos duros y blandos y asegurar una transmisión de fuerzas oclusales y una carga del implante óptima. Por otra parte, la angulación y el posicionamiento preciso del implante reduce riesgos de afectar estructuras anatómicas vecinas vulnerables (perforación tabla lingual, canal del nervio dentario inferior o cavidades aéreas entre otros) y obtener otros requisitos deseados como la distancia entre implantes, dientes y la profundidad e inclinación de la parte apical (28). De esta forma, en la década de 1980, se empezó a emplear una prótesis temporal obtenida a través del estudio de modelos de escayola o la misma que usaba el paciente, primero como férula radiológica y después como quirúrgica, tanto en la fase de perforación ósea como en la propia colocación (29).

Con estos antecedentes y con el desarrollo de las nuevas tecnologías (tomografía computarizada de haz cónico, planificación virtual y estereolitografía) surgió en 2002 una cirugía de colocación guiada asistida por ordenador. La cirugía guiada por ordenador se basa en la combinación de los datos anatómicos del paciente obtenidos mediante CBCT junto a una férula radiológica que son transferidos a un software informático que planifica virtualmente la posición ideal de los implantes dentales, con el fin de fabricar una férula quirúrgica fijada en la cavidad oral del paciente (sobre mucosa, hueso o dientes), que presenta orificios de dimensiones específicas, a través de los cuales se insertarán los implantes en su posición idónea y previamente calculada, impidiendo la modificación intraoperatoria por parte del profesional (30). En las últimas décadas, el avance de los escáneres orales (intra y extra) ha permitido sumar datos más reales a la hora de la planificación virtual en combinación con los datos radiográficos, ya que permiten superponer imágenes de estructuras reconocibles, creándose un modelo virtual más realista del paciente (31).

Dentro del campo de la cirugía guiada por ordenador, también existe otra modalidad denominada navegación dinámica, que combina tecnologías ópticas para rastrear al paciente y la pieza de mano con un software tridimensional que muestra imágenes en el monitor en tiempo real durante la intervención (1).

## 2.1 Ventajas e indicaciones de la cirugía guiada

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, la cirugía guiada por ordenador presenta, respecto a la técnica convencional de colocación a mano alzada, numerosas ventajas. Se trata de la técnica más precisa, predecible, segura y controlada para posicionar implantes, lo que reduce complicaciones quirúrgicas y protésicas ya que el profesional está altamente informado debido al carácter intrínseco planificador de este método. De la misma forma, el paciente se encuentra también mejor informado del procedimiento, presenta mayor comodidad postoperatoria y satisfacción. Además, si no realizamos un colgajo, reducimos el tiempo quirúrgico y de cicatrización, consiguiendo una mayor conservación y estabilidad de los tejidos blandos y duros subyacentes. Por otra parte, también permite confeccionar previamente y colocar una prótesis provisional carga inmediatamente, así como una “menor exigencia” de experiencia por parte del profesional.

Sin embargo, también existen inconvenientes que impiden emplear esta técnica en mayor medida por los clínicos: elevado coste del tratamiento en comparación, mayor tiempo empleado preoperatorio tanto clínico como de laboratorio, menor control de la profundidad de inserción,

peor visión quirúrgica en general y, en casos de carga inmediata, es posible que no consigamos un adecuado ajuste pasivo de la restauración. Además, algunos estudios demuestran que existe la refrigeración líquida de las fresas es menor debido al bloqueo de la propia férula, lo que podría implicar cierto sobrecalentamiento de los tejidos circundantes y un riesgo en la osteointegración del implante, aunque esto no está del todo demostrado (32).

Por todo ello, una técnica quirúrgica guiada por ordenador es un tratamiento menos invasivo y con menor morbilidad quirúrgica por lo que está indicada en casos complejos (oligodoncia, implantes pterigoideos...) de pacientes parcial o totalmente edéntulos con una adecuada calidad y cantidad de tejido óseo. Además, al reducir el tiempo de intervención es preferible en paciente con un estado sistémico comprometido, al igual que en casos que exijan una alta estética, una carga inmediata protésica o un gran número de implantes dentales. Según Arisan et al. (27), el tiempo de intervención quirúrgico de la cirugía guiada por ordenador en comparación con la tradicional se acorta aproximadamente a la mitad. En casos en los que exista una reabsorción ósea severa o defectos que requieran regeneración, es útil realizar una previa planificación virtual, aunque luego es mejor llevar a cabo la colocación de los implantes a mano alzada y con colgajo (33).

## 2.2 Tomografía computarizada de haz cónico y férula radiológica

Como hemos visto, para llevar a cabo con éxito el tratamiento es necesario seguir escrupulosamente una serie de pasos consecutivos dentro del protocolo. Una vez realizado el diagnóstico y nos disponemos a planificar el tratamiento, debemos confeccionar una férula radiológica con las dimensiones y aspectos de la restauración protésica final, la cual se colocará correctamente en boca para realizar una tomografía computarizada de haz cónico. De esta manera, transmitimos la información protésica de forma real a los datos anatómicos obtenidos de la tomografía, lo que nos permite estudiar y decidir el número de implantes que vamos a colocar, su localización y dirección más idónea (34). Previamente a la confección de esta férula radiológica, se han transferido los modelos de estudio a un articulador semi o totalmente ajustable, con el objetivo de realizar un encerado diagnóstico y confeccionar una prótesis con dientes de prueba para valorar el aspecto estético de la prótesis final, la relación entre los maxilares, los espacios edéntulos, el resalte incisal y el nivel de sobremordida. Del mismo modo, si el paciente acude ya con una prótesis removible y es considerada adecuada, se puede duplicar y emplear como férula radiológica (30).

La fabricación tradicional de la férula radiológica se realiza a partir de un duplicado de la prótesis con los dientes en cera, en material radiolúcido (plástico o acrílico) y a la que se añaden marcadores radiopacos (sulfato de bario, gutapercha, cilindros o bolas metálicas) que indican la relación de los implantes propuestos con el hueso subyacente. También se puede realizar al revés, es decir, confeccionar una férula completamente de material de alta radiodensidad y crearle perforaciones huecas. Los marcadores muestran la posición e inclinación de los implantes así como la distancia vertical entre el borde oclusal de la prótesis y la cresta ósea (35). Sin embargo, este método de confección de férulas radiológicas supone mayor tiempo, esfuerzo y costes de laboratorio adicional, por lo que en los últimos años están surgiendo novedosas técnicas que intentan suprimir este paso mediante escáneres (36–38)

Hoy en día, la tomografía computarizada de haz cónico es la técnica radiológica ideal para la correcta valoración prequirúrgica de las estructuras anatómicas del paciente y su relación con la férula radiológica, evitando así complicaciones inesperadas durante la fase quirúrgica. El CBCT (por sus siglas en inglés) permite la reconstrucción volumétrica de varios cortes transversales (axial, coronal y sagital). Existen otras técnicas de tipo bidimensional (panorámicas e intraorales) que no suelen ser suficientes puesto que ofrecen una información limitada en el espacio y sin distorsión, mientras que el CBCT ofrece una visión tridimensional con mayor resolución y precisión, al mismo tiempo que repercute una “reducida” dosis de radiación sobre el paciente (39).

### 2.3 Software informático de planificación virtual

Los datos obtenidos del CBCT con la férula radiológica se transfieren a un programa informático de planificación de implantes. El objetivo es ofrecer al clínico una herramienta prequirúrgica con la cual planificar virtualmente la posición ideal y las dimensiones del implante, teniendo en cuenta la condición ósea, las estructuras anatómicas circundantes y los requisitos de la futura prótesis. En esta fase, vamos a visualizar las perforaciones de los implantes en los dientes de la prótesis y, si fuera necesario, podemos realizar en el programa modificaciones en la angulación de los pilares implantoprotésicos con el fin de mejorar la biomecánica y favorecer la distribución de las fuerzas oclusales en el eje axial de los implantes, así como proporcionar el mejor resultado estético posible (33). Actualmente, existen en el mercado, una gran variedad de softwares informáticos para la planificación virtual.

Los software más utilizados en la actualidad son Simplant® de Materialise Dental-Dentsply® (Leuven, Bélgica) con su sistema de férulas SimplantGuide® y NobelGuide® de

NobelBiocare® (Zurich, Suiza). Ambos programas incorporan implantes de todos los modelos y marcas y el profesional puede navegar en las tres dimensiones por los cortes tomográficos, realizando marcas, líneas y mediciones, así como calcular la densidad ósea mediante unidades Hounsfield y disponer de un catálogo de aditamentos protésicos simulados digitalmente con los que confeccionar la rehabilitación protésica en función de la posición, angulación, número y otras características de los implantes. No obstante, el programa NobelGuide® exige un doble escaneado de la férula radiológica en solitario, que debe representar la futura prótesis para conseguir una planificación lo más cercana a la realidad. En nuestro caso clínico, hemos utilizado el programa Galimplant3D® de la casa Galimplant® (Sarria, España).

## 2.4 Férula quirúrgica

Una vez hemos realizado la planificación virtual con los datos de la tomografía, debemos trasladar esta información a una plantilla que, colocada en el paciente, nos guíe de forma precisa en la colocación quirúrgica de los implantes dentales. Esta guía quirúrgica se diseña por ordenador y cuenta con unas perforaciones intencionadas a través de las cuales se realizará el fresado y la inserción de los implantes. Estos orificios se realizan con unas dimensiones específicas según la profundidad, angulación y posición (mesio-distal y vestíbulo-lingual) en la que se quiere colocar el implante (40). Los métodos de fabricación de la guía han evolucionado tanto como lo ha hecho la propia técnica, desde el uso de modelos de escayola, hasta fresado e impresión tridimensional. Hoy en día, la tecnología que garantiza una fabricación más eficiente en términos de rapidez y precisión es la estereolitografía. Estas plantillas estereolitográficas son producidas por una impresora 3D que fotopolimeriza resina acrílica capa por capa siguiendo los datos de la anatomía. Ahora, se confecciona de forma más rápida y eficiente a partir de impresoras 3D que fotopolimerizan capa por capa resina acrílica. Sin embargo, existen otros procedimientos para la confección de guías como: procesamiento de luz digital (DLP) y sinterización selectiva por láser (SLS) (41). El soporte de la guía quirúrgica depende de las características del paciente y puede ser de apoyo mucoso, dental, óseo o una combinación de los anteriores.

La fijación de la guía va a depender de las características del paciente, si presenta dientes en boca donde poder estabilizarla o si requiere procedimientos de regeneración o un aumento tisular. Según la evidencia científica, la plantilla que obtiene un mejor resultado en términos de estabilidad y precisión es la de soporte dental, ya que sufre menos micromovimientos cuando está apoyada sobre los dientes y permite realizar la cirugía con o sin colgajo. La guía quirúrgica



de soporte mucoso se indica principalmente en pacientes completamente edéntulos y se puede realizar sin colgajo, mientras que la de apoyo óseo si requiere de un colgajo mucoperióstico a espesor total y se aplica en pacientes también edéntulos totales que requieran una cirugía más extensa. Esta última es la que presenta mayor inexactitud ya que debe apoyarse sobre la superficie ósea y el propio colgajo puede interferir en su colocación, aunque se puede solventar con la colocación de tornillos de fijación. No obstante, la principal ventaja de la guía apoyada sobre hueso es que permite tener contacto visual directo con la arquitectura ósea del paciente (32). Las plantillas de soporte mucoso y óseo se fijan al maxilar del paciente a través de pines o tornillos de fijación y, en algunos casos, puede resultar un verdadero desafío, como por ejemplo en casos donde la apertura bucal se encuentra limitada (menor a 5 milímetros) y no permite el uso de las fresas de guiado al ser de mayor longitud, o casos en los que la distancia interdental es muy estrecha o existen defectos óseos muy severos (33).

## 2.5 Cirugía sin colgajo y carga inmediata

Los avances en el campo de la implantología y, en concreto, dentro de la cirugía guiada, han permitido realizar tratamientos cada vez menos invasivos y desarrollar novedosos protocolos de carga protésica inmediata. Si el caso lo permite, se podría realizar una cirugía guiada sin levantar un colgajo mucoperióstico, es decir, fresar e insertar el implante dental a través de la mucosa, lo que supone la preservación de la circulación sanguínea de los tejidos blandos y duros, reduciendo la pérdida ósea marginal e impidiendo una posible afectación de la arquitectura gingival (42). Además, como hemos comentado en anteriores párrafos, también implica mayor comodidad postoperatoria para el paciente y aumentar la indicación del tratamiento implantológico en pacientes medicamente comprometidos. Sin embargo, no levantar un colgajo puede suponer un alto riesgo si no ha habido una planificación prequirúrgica, al no observar ni conocer la topografía ósea real del paciente, por lo que solo es recomendable realizar esta técnica en pacientes que sabemos que presentan un hueso de calidad y cantidad, con el fin de evitar posibles perforaciones y el fracaso del implante. Algunos estudios demuestran que la cirugía sin colgajo también está indicada en casos en los que exista poca encía queratinizada, ya que puede suponer sacrificar la poca mucosa en esta posición (21). El éxito de realizar una cirugía sin colgajo a mano alzada radica en el grado de experiencia del clínico, aunque con la cirugía guiada se solventan varios de estos riesgos (30).

Conocer la posición del implante en la planificación virtual antes de colocarlo, abrió la posibilidad de prefabricar y acoplar una prótesis provisional cargada protésicamente de forma

inmediata. Según la literatura, el éxito de la carga inmediata es igual de predecible que la carga temprana y convencional, tanto en el maxilar superior como en la mandíbula. Las ventajas de este protocolo se traducen en menor tiempo de tratamiento para el profesional y el paciente y en mayor comodidad para este último durante el periodo de osteointegración (31). No obstante, esta técnica supone asimilar más riesgos si no se realiza con la máxima exigencia y precisión en cada paso (43).

Este viaje introductorio desde los orígenes de la implantología hasta la actualidad, nos ha hecho entender como la cirugía guiada por ordenador representa una excelente alternativa de tratamiento en pacientes con una calidad y una cantidad de hueso satisfactoria en maxilares total o parcialmente edéntulos. Los continuos avances en el desarrollo de nuevas tecnologías de captación de datos y producción de materiales ponen de manifiesto el prometedor presente y futuro de esta técnica en nuestra profesión.

## Caso clínico

### **1. Diagnóstico**

Paciente de sexo masculino, de 74 años de edad, sin antecedentes médicos de interés, que acudió a consulta para tratamiento implantológico del maxilar superior parcialmente edéntulo (Figura 1). Después del examen clínico se le realizó una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) con el tomógrafo Picasso Máster® (Ewoo, Seúl, Corea del Sur).



Figura 1. Maxilar superior

El paciente fue informado de los hallazgos clínicos y radiológicos y de la posibilidad de realizar una rehabilitación superior fija con implantes, así como de la técnica quirúrgica de inserción de implantes mediante cirugía guiada, del protocolo prostodóncico (tipo de prótesis) (Figura 2), temporalización (duración del tratamiento, número de visitas), el seguimiento (revisiones clínicas y radiológicas), y de la posibilidad de la existencia de complicaciones y pérdida de implantes. El paciente autorizó el tratamiento implantológico mediante un consentimiento informado.



Figura 2. Prótesis provisional de carga inmediata

La información obtenida por la CBCT fue transferida en formato DICOM al programa especializado de cirugía implantológica guiada Galimplant.3D® (Galimplant, Sarria, España). Las imágenes digitales tomográficas ofrecieron información precisa sobre el volumen y la calidad ósea del maxilar superior del paciente y se realizó una planificación de tratamiento con una distribución virtual de 8 implantes en el maxilar superior para su posterior rehabilitación con una prótesis fija. Posteriormente, con la información elaborada se realizó una férula quirúrgica guiada estereolitográfica (Figura 3).

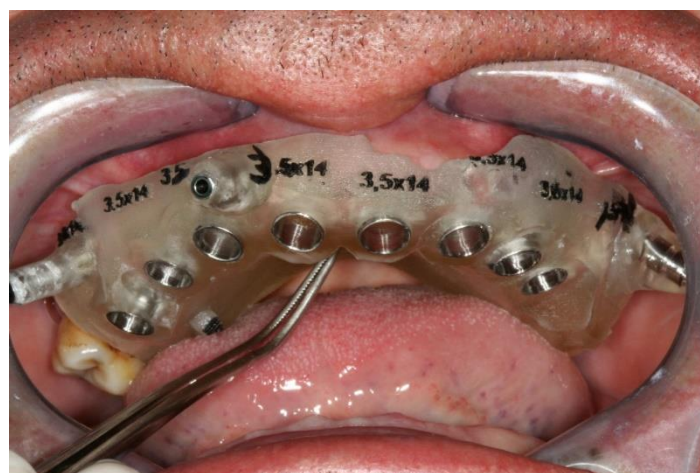


Figura 3. Férula quirúrgica estereolitográfica

## 2. CIRUGÍA

Previamente a la cirugía debemos asegurarnos que tenemos todo el instrumental necesario, el cual se compone de: guía quirúrgica estereolitográfica, pines de fijación, caja quirúrgica con las fresas para cirugía guiada y los implantes dentales correspondientes.

El día de la cirugía, el paciente comenzó un régimen antibiótico con amoxicilina y ácido clavulánico, un comprimido de 875/125 mg cada 8 horas, durante una semana. El procedimiento de fijación de la guía es muy importante y se realizó primero su colocación manual en la mucosa para observar su correcto ajuste y estabilidad, a continuación, se anestesió localmente al paciente con articaína en las localizaciones implantarias previamente seleccionadas. Posteriormente, se colocó la férula quirúrgica en el maxilar superior para una cirugía sin colgajo y se fijó mediante la inserción de 3 pines (Figura 4-6), asegurándonos de su correcta adaptación en la arcada.



Figura 4.



Figura 5



Figura 6

Mediante la utilización del instrumental específico de cirugía guiada Galimplant 3D® (Galimplant, Sarria, España) (Figura 7) se procedió a la realización de la cirugía de los implantes.



Figura 7. Caja quirúrgica fresas, destornilladores y carraca Galimplant®.

A través de los conductos metálicos de la férula, se realizó el fresado progresivo correspondiente con fresas de longitud y diámetro progresivo que fueron realizando los diversos lechos implantarios (Figuras 8-10) según indica el fabricante.





Figura 8



Figura 9

Posteriormente, se insertaron progresivamente 8 implantes Galimplant ® (Galimplant, Sarria, España) de conexión externa y superficie tratada arenada y grabada (Figuras 10 y 11). 4 implantes fueron insertados en el lado derecho y 4 implantes en el lado izquierdo. Se recomienda que los primeros implantes que se coloquen sean aquellos que se encuentran en zona posterior para aumentar la estabilidad y, a continuación, seguimos con aquellos posicionados anteriormente. La primera fresa en utilizarse con el reductor es la de 2 mm, seguida de la fresa que remueve el tejido blando superficial. La secuencia progresiva de las fresas se realiza según el fabricante con una velocidad constante de 800 r.p.m. Todas las fresas tienen una forma cilíndrica y presentan un tope en la parte conectada al reductor que nos guía en profundidad. Todos los implantes terminaron de colocarse con un torque de 35 Ncm de forma manual mediante una llave dinamométrica (Figuras 12 y 13).



Figura 10



Figura 11



Figura 12



Figura 13

Una vez terminada la inserción de todos los implantes, se retiraron los transportadores de los implantes, se retiraron los pins que fijaban la férula y finalmente, se retiró la férula quirúrgica, observando un buen estado del maxilar superior después de la cirugía guiada (Figura 14).

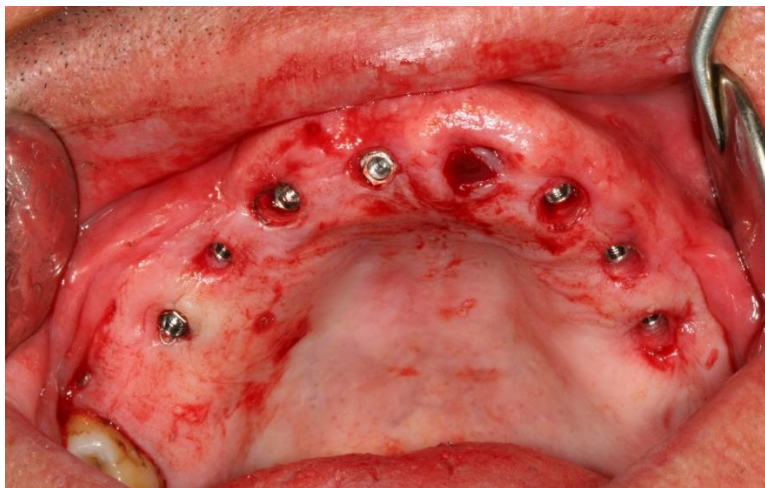


Figura 14

Para el postoperatorio, se le recomendó al paciente, ibuprofeno, en el caso de existir dolor o inflamación, y un colutorio diario con clorhexidina durante los primeros 30 días.

### **3. PROSTODONCIA**

Durante el examen previo del paciente, antes de la cirugía, se tomaron las impresiones para obtener modelos de estudios. Se realizó la transferencia de los modelos al articulador. En este caso clínico la prótesis fija provisional fue realizada previamente a la cirugía de implantes.



En este sentido, con una copia de la férula, se realizó un vaciado de la misma con los análogos de los implantes como si fuera una impresión convencional de los implantes. Esta impresión fue enviada al laboratorio donde se individualizaron los pilares y se confeccionó la prótesis implantosoportada provisional (Figura 2).

En el momento de la cirugía, ya se disponía de la prótesis dental provisional, con la que se rehabilitó al paciente de forma inmediata (Figuras 15 y 16). A los 6 meses se le retiró la prótesis provisional inmediata y se rehabilitó al paciente con una prótesis fija definitiva de metalcerámica.



Figura 15



Figura 16

**MANTENIMIENTO.** Después de 5 años de seguimiento clínico no ha habido complicaciones biológicas ni prostodóncicas. Se han realizado las revisiones clínicas y radiográficas periódicas anuales.

# DISCUSIÓN

En la actualidad, la cirugía oral guiada por ordenador se considera presente y futuro en el campo de la implantología por las numerosas ventajas que presenta. De hecho, el caso clínico que nos concierne, engloba una serie de características que ponen de manifiesto la evolución a la que ha llegado el campo de la implantología desde sus orígenes hasta nuestros días. Se trata de una rehabilitación fija implantoprotésica del maxilar superior a través de una cirugía guiada sin levantamiento de colgajo y una carga inmediata de los implantes mediante una prótesis de carácter provisional.

La cirugía guiada por ordenador se define como la colocación de los implantes dentales a través de una férula quirúrgica diseñada a través de un software informático a partir de los datos anatómicos obtenidos de un CBCT en combinación con una férula radiológica, que guía el fresado o inserción del implante en la posición planificada e ideal para la rehabilitación protésica. De esta forma, los implantes son colocados con una longitud y una anchura determinada previamente, así como con una inclinación y una orientación espacial específica, teniendo en cuenta la condición ósea, las estructuras anatómicas circundantes y los requisitos de la futura prótesis para que los implantes reciban las fuerzas oclusales en el eje axial (30).

En primer lugar, debemos realizar el diagnóstico y la planificación del tratamiento que vamos a llevar a cabo, todo ello con el objetivo de conseguir el éxito terapéutico y prevenir posibles complicaciones que puedan aparecer durante y después de la cirugía. Una vez hemos realizado la anamnesis y la correspondiente exploración clínica, tomamos una tomografía computarizada de haz cónico con una férula radiológica equivalente a la futura prótesis, con la cual obtener los datos anatómicos del paciente en la posición ideal de los implantes. La información se fusiona dentro de un software informático con el escaneado del maxilar del paciente, ya sea a través de un escáner intraoral en la clínica o extraoral en el laboratorio (33).

El software informático nos permite visualizar de forma tridimensional e interactiva los cortes tomográficos del paciente donde vamos a planificar virtualmente el tratamiento, teniendo en cuenta el número, tamaño y posición espacial de los implantes según la anatomía y estructuras vecinas circundantes, calidad y cantidad ósea, así como la rehabilitación protésica de forma previa a la cirugía. El programa requiere también de un escaneado del maxilar directamente de éste o de forma extraoral. De esta manera, obtenemos un archivo STL

("Standard Triangle Language") que se fusiona con el archivo DICOM dentro del software (44). Algunos programas requieren también de un doble escaneado que consiste en realizar un segundo escaneado únicamente de la férula radiológica que, al superponerse con el escaneado del maxilar, se obtiene un modelo óseo tridimensional del paciente junto a otro modelo también tridimensional de la férula radiológica con el objetivo de precisar los datos óseos del paciente con los de la guía radiológica (38).

El siguiente paso una vez realizado la planificación del tratamiento y diseñado con el software la férula quirúrgica, es la fabricación de ésta misma mediante tecnología CAD-CAM. La plantilla quirúrgica es la clave del éxito en la cirugía guiada por ordenador, puesto que nos guía de forma precisa y controlada en el fresado e inserción de los implantes en la posición preestablecida a través de unos conductos metálicos perforados en la férula. Dichos orificios se encuentran programados para colocar idóneamente el implante en profundidad, angulación y posición mesio-distal y vestibulo-lingual. El método actual y gold estándar de confección de las guías es la estereolitografía, ya que soluciona los problemas y limitaciones que suponía realizarlas mediante el método convencional con radiografías bidimensionales y modelos de escayola (41).

Las férulas quirúrgicas se pueden clasificar según su apoyo (dental, mucoso, óseo o combinado) y si el guiado de las fresas es completo o parcial. Raico et al. (45) analizaron si la precisión se encuentra influenciada por el tipo de tejido en el que soportan. Las férulas que consiguen mayor estabilidad y, por tanto, precisión, son las dentosoportadas, las cuales requieren al menos 3 dientes o pines auxiliares para su fijación. Las guías de apoyo mucoso, al igual que las anteriores, permiten realizar una cirugía sin colgajo mínimamente invasiva, aunque presentan menor estabilidad que la dental debido a los micromovimientos que genera la flexibilidad de la mucosa (32). Por último, las férulas de apoyo óseo son las menos precisas y sí requieren de un colgajo a espesor total para poder apoyarla en el hueso, por lo que presentan la desventaja de provocar molestias postquirúrgicas (inflamación, hemorragias y dolor) debido a la extensión del colgajo. Las plantillas muco y oseosportadas requieren de elementos auxiliares de fijación, como pines o microtornillos. La guía de apoyo óseo se indica en casos de calidad y cantidad ósea deficientes ya que el profesional debe visualizar directamente el tejido óseo, o bien, en casos en los que se va a realizar otras intervenciones quirúrgicas como injertos o regeneraciones (46).

Por otra parte, es posible realizar una cirugía parcialmente o totalmente guiada. Dentro de la cirugía totalmente guiada por ordenador, el stent quirúrgico guía todo el procedimiento

quirúrgico, desde la preparación del lecho óseo hasta la inserción del implante dental, mientras que en la parcial solo se guía la fresa piloto para después seguir el fresado a mano alzada. Se ha demostrado que esta técnica, en comparación con la parcialmente guiada o a mano alzada, obtiene mejores resultados en cuanto a precisión y provisionalización inmediata de los implantes. No obstante, la técnica totalmente guiada no permite la posibilidad de cambiar el rumbo de la cirugía y requiere ir cambiando los distintos conductos metálicos conforme vamos utilizando las distintas fresas con sus respectivos diámetros (47).

La cirugía guiada por ordenador permite tanto realizar una cirugía mínimamente invasiva sin levantar un colgajo como una técnica más convencional levantándolo. Esto depende principalmente del lecho óseo receptor del implante, puesto que si la calidad o cantidad está comprometida es necesario realizar un abordaje con colgajo para visualizar correctamente y evitar complicaciones. Según Becker et al. (48), la cirugía sin colgajo se indica cuando existe una anchura ósea superior a 4 mm y una altura superior a 12 mm respecto al canal del nervio dentario o al seno maxilar. Además, la tasa de éxito entre una cirugía con o sin colgajo es similar.

En la actualidad, la cirugía guiada por ordenador es considerada la técnica más precisa para insertar implantes dentales en su localización más adecuada y, por tanto, se prioriza su uso respecto a la técnica convencional a mano alzada, en aquellos casos en los que existe un alto riesgo de compromiso estético o zonas anatómicas críticas. Este hecho se fundamenta principalmente por el diagnóstico y planificación individualizado del tratamiento con el fin de asegurar la mejor rehabilitación fija y funcional y una estética favorable.

Nickenig et al. (26) y Chen et al. (49) compararon la precisión entre la cirugía guiada de colocación de implantes con respecto a la cirugía tradicional a mano alzada, y demostraron que las desviaciones entre la posición virtual y real son mayores en la técnica convencional. Según Chen et al. (49), en su estudio ex-vivo donde colocaron 24 implantes dentales en posición de incisivos maxilares, las desviaciones de media que se produjeron en la cirugía guiada fueron: desviación angular:  $3.11 \pm 1.55^\circ$ ,  $p = 0.002$ , desviación horizontal coronal:  $0.85 \pm 0.38$  mm,  $p = 0.004$  y apical:  $0.93 \pm 0.34$  mm,  $p < 0.001$ ; cifras más precisas si las comparamos con las desviaciones originadas sin guía respectivamente:  $6.78 \pm 3.31^\circ$ ,  $1.43 \pm 0.49$  mm y  $2.2 \pm 0.79$  mm. En cambio, en sentido vertical los resultados fueron similares entre las dos técnicas.

A pesar de esto, no se trata de una cirugía totalmente precisa ya que se producen ciertas desviaciones entre la posición virtual planificada y la real tras la cirugía. Estas desviaciones se

producen en sentido horizontal (a nivel marginal o coronal y a nivel apical), vertical y angular. Estas desviaciones se producen como resultado de acumular errores durante todas las fases del proceso, desde la recopilación de datos hasta la implementación quirúrgica, pasando por la fabricación y adaptación de la férula radiológica en el CBCT, la planificación virtual y la transferencia a la guía quirúrgica. En el CBCT se pueden producir determinadas distorsiones por artefactos o movimientos del paciente. Además, el posicionamiento en boca de la plantilla quirúrgica es otro requisito esencial para la precisión. La condición ósea también influye significativamente en el grado de precisión, donde una baja densidad ósea, una anchura alveolar estrecha y un reducido espesor cortical pueden influir negativamente en el resultado final (50).

Según D'Haese et al (51), en una revisión sistemática de 31 artículos realizada en 2012, se obtuvo una desviación horizontal coronal de media de 1.04 mm (IC 95%), en sentido vertical se obtuvo una desviación en el ápice de 1.64 mm (IC 95%), mientras que la desviación angular fue de 3.54° (IC 95%). En el mismo año, D'Haese et al. (52), analizaron las desviaciones en 78 implantes en maxilares desdentados con férulas estereolitográficas, obteniendo de media una desviación coronal de 0.91 mm y 1.13 mm en sentido apical, más una desviación angular de 2.60° de media. Recientemente, Magrin et al. (53) compararon en 2020 las diferencias entre las desviaciones en cirugía guiada y convencional a mano alzada en 12 pacientes a boca partida, obteniendo como resultados en la guiada una desviación coronal y apical de 2.34 mm y 2.53 mm respectivamente, y una desviación angular de 2.2°. En otra revisión sistemática realizada en 2014 por Tahmaseb et al. (54), analizaron 24 estudios sobre precisión y obtuvo de media una desviación coronal de 1.12 mm, una desviación apical de 1.39 mm y una desviación angular de media de 3.89°. Las desviaciones que se producen en la cirugía guiada no afectan sustancialmente al grado de seguridad del tratamiento, aunque muchos autores enfatizan en dejar un margen de 2 mm a nivel apical con el fin de dañar estructuras anatómicas críticas.

Nickenig, Chen y Magrin et al. (26,49,53) han comparado la precisión entre la cirugía guiada por ordenador y la cirugía convencional a mano alzada y, la mayoría, obtienen mejores resultados en sentido horizontal, vertical y angular cuando se realiza la técnica guiada. De la misma forma, si la técnica es totalmente guiada también se obtiene una mayor exactitud posicional si se compara con la parcialmente guiada (47). Otro factor que influye en la precisión es la arcada donde se realiza la cirugía, en la mandíbula se obtienen mejores resultados debido a su mayor densidad ósea y anatomía (55).

Voulgarakis et al. (46), Lin et al. (56) y Moraschini et al. (57), obtuvieron en sus revisiones sistemáticas que, la tasa de supervivencia del implante cuando se coloca mediante cirugía

guiada por ordenador oscila entre el 89 y el 100%, con un periodo de seguimiento corto de 6 a 48 meses. Se tratan de cifras muy similares en comparación con la técnica convencional a mano alzada. Naeini et al. (25), en su revisión sistemática compara la aplicabilidad, precisión y éxito clínico entre la cirugía guiada por ordenador sin colgajo y sin guiar. Los resultados muestran que, en términos de supervivencia del implante, remodelación de hueso marginal y periimplantitis, los datos son similares entre ambas técnicas. Además, demuestra de nuevo que la técnica totalmente guiada es más precisa que la parcialmente, y que la férula dentosoportada es la que ofrece mayor precisión.

Gracias a la planificación virtual del tratamiento implantológico, podemos incluir la prótesis final digitalmente, lo que nos permite confeccionar una prótesis provisional con la que cargar de manera inmediata los implantes dentales. Para ello, es imprescindible que el paciente presente una condición ósea favorable que otorgue la suficiente estabilidad primaria. Esta posibilidad proporciona un alto grado de satisfacción en los pacientes, así como una mayor comodidad para ellos durante la osteointegración.

Polizzi et al. (58), Yamada et al. (43) Lerner et al. (59), analizaron 160, 290 y 110 implantes dentales cargados inmediatamente y con cirugía guiada por ordenador respectivamente, donde todos fueron colocados sin colgajo, obteniendo tasas de éxito de 97.3%, 98.6% y 98.2%. Se obtuvieron resultados muy favorables en cuanto a pérdida de hueso marginal y condición de los tejidos blandos periimplantarios. Por otro lado, Lerner et al. (59) tras un año de seguimiento, el 23.4% de los implantes tuvieron complicaciones protésicas.

Las complicaciones más frecuentes que pueden ocurrir en esta técnica son la fractura intraoperatoria de la plantilla estereolitográfica, modificaciones intraoperatorias de la planificación, pérdida temprana del implante por falta de estabilidad y la fractura de la prótesis. Según Schneider (60), en un 9.1% de los casos se producen complicaciones quirúrgicas tempranas, mientras que en un 18.8% y en un 12% se dan complicaciones protésicas tempranas y tardías respectivamente. En general, estas complicaciones son provocadas por errores técnicos, como una mala colocación de la plantilla quirúrgica, por no utilizar las fresas en toda su longitud y por una apertura bucal limitada.

# CONCLUSIONES

PRIMERA. La tomografía computarizada de haz cónico es una herramienta diagnóstica imprescindible en la planificación del tratamiento implantológico, al ofrecer una visión tridimensional de la anatomía con una alta precisión y una reducida dosis de radiación.

SEGUNDA. La cirugía guiada por ordenador es una técnica precisa, segura, predecible y contralada para la colocación de implantes dentales, con una alta tasa de éxito y escasas molestias para el paciente.

TERCERA. La planificación virtual e interactiva del tratamiento con implantes dentales permite confeccionar una férula quirúrgica que guíe el fresado y la inserción de los implantes en la posición más idónea.

CUARTA. La cirugía guiada por ordenador permite realizar una técnica mínimamente invasiva sin colgajo y cargar inmediatamente los implantes, con resultados exitosos y favorables, aunque con una exigencia máxima al profesional en cada uno de sus fases.

# BIBLIOGRAFÍA

1. Block MS. Dental Implants: The Last 100 Years. *J Oral Maxillofac Surg.* 2018;76(1):11–26.
2. Leventhal GS. Titanium, a metal for surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 1951;33 A(2):473–4.
3. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg.* 1981;10(6):387–416.
4. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-

- implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand*. 1981;52:155–70.
5. Albrektsson T, Johansson C. Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *Eur Spine J*. 2001;10:S96–101.
  6. Monje A, Ravidà A, Wang MSH, Helms JA, Brunski JB. Relationship Between Primary / Mechanical and Secondary / Biological Implant Stability. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019;34:7–23.
  7. Albrektsson T, Buser D, Sennerby L. Crestal Bone Loss and Oral Implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;14(6):783–91.
  8. Östman P, Hellman M, Sennerby L. Ten Years Later. Results from a Prospective Single-Centre Clinical Study on 121 Oxidized ( TiUnite™ ) Brånemark Implants in 46 Patients. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;1–9.
  9. Degidi M, Nardi D, Piattelli A. 10-Year Follow-Up of Immediately Loaded Implants with TiUnite Porous Anodized Surface. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;1–11.
  10. Buser D, Janner SFM, Wittneben JG, Brägger U, Ramseier CA, Salvi GE. 10-Year Survival and Success Rates of 511 Titanium Implants with a Sandblasted and Acid-Etched Surface: A Retrospective Study in 303 Partially Edentulous Patients. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;14(6):839–51.
  11. Jemt T, Johansson J. Implant treatment in the edentulous maxillae: A 15-year follow-up study on 76 consecutive patients provided with fixed prostheses. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2006;8(2):61–9.
  12. Balshi TJ, Wolfinger FGJ, Stein BE, Balshi SF. A Long-term Retrospective Analysis of Survival Rates of Implants in the Mandible. *Int J Oral Maxillofac Implant*. 2015;30(6).
  13. Simonis P, Dufour T, Tenenbaum H. Long-term implant survival and success : a 10 – 16-year follow-up of non-submerged dental implants. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21:772–7.
  14. Voumard B, Maquer G, Heuberger P, Zysset PK, Wolfram U. “Peroperative estimation of bone quality and primary dental implant stability.” *J Mech Behav Biomed Mater*. 2019;92(November 2018):24–32.



15. Turkeyilmaz I, Tözüm T, Tumer C, Ozbek E. Assessment of correlation between computerized tomography values of the bone , and maximum torque and resonance frequency values at dental implant placement. *J Oral Rehabil.* 2006;(13):881\*888.
16. Triches DF, Alonso FR, Mezzomo LA, Schneider DR, Villarinho EA, Rockenbach MI, et al. Relation between insertion torque and tactile, visual, and rescaled gray value measures of bone quality: a cross-sectional clinical study with short implants. *Int J Implant Dent.* 2019;5(1):4–11.
17. Molly L. Bone density and primary stability in implant therapy. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(SUPPL. 2):124–35.
18. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1–132.
19. Schnitman PA, Wohrle PS, Rubenstein JE. Immediate fixed interim prostheses supported by two-stage threaded implants: methodology and results. *J Oral Implantol.* 1990;16(2):96–105.
20. Tettamanti L, Andrisani C, Bassi MA, Vinci R, Tagliabue A. Immediate Loading Implants: Review of the Critical Aspects. *ORAL& Implantol.* 2017;10(2):129–39.
21. Amorfini L, Migliorati M, Drago S, Silvestrini-Biavati A. Immediately Loaded Implants in Rehabilitation of the Maxilla: A Two-Year Randomized Clinical Trial of Guided Surgery versus Standard Procedure. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017;19(2):280–95.
22. Esposito M, Mg G, Maghaireh H, Hv W, Esposito M, Mg G, et al. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants (Review). *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(3):1–76.
23. Chen J, Cai M, Yang J, Aldhohrah T. Immediate versus early or conventional loading dental implants with fi xed prostheses : A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *J Prosthet Dent.* 2019;1–21.
24. Lindhe J, Lang P. N. *Periodontología clínica e implantología odontológica . 6ª*

- edició. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2017.
25. Naeini EN, Atashkadeh M, De Bruyn H, D’Haese J. Narrative review regarding the applicability , accuracy , and clinical outcome of flapless implant surgery with or without computer guidance. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2020;22:454–67.
  26. Nickenig H, Wichmann M, Schlegel KA. Evaluation of the difference in accuracy between implant placement by virtual planning data and surgical guide templates versus the conventional free-hand method e a combined in vivo e in vitro technique using cone-beam CT ( Part II ). *J Cranio-Maxillofacial Surg.* 2010;38:488–93.
  27. Arisan V, Karabuda CZ, Mumcu E, Özdemir T. Implant positioning errors in freehand and computer-aided placement methods: a single-blind clinical comparative study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(1):190–204.
  28. Choi W, Nguyen BC, Doan A, Girod S, Gaudilliere B, Gaudilliere D. Freehand Versus Guided Surgery: Factors Influencing Accuracy of Dental Implant Placement. *Implant Dent.* 2017;26(4):500–9.
  29. Magrin GL, Benfatti CAM, Rafael SNF, Passoni BB, Magini RS, Gruber R. Clinical and tomographic comparison of dental implants placed by guided virtual surgery versus conventional technique : A split - mouth randomized clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2019;47:120–8.
  30. D’haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000.* 2017;73(1):121–33.
  31. Yamada K, Hoshina H, Arashiyama T, Arasawa M, Arai Y, Uoshima K, et al. Immediate implant loading following computer-guided surgery. *J Prosthodont Res.* 2011;55(4):262–5.
  32. Gargallo-albiol J, Barootchi S, Salomó-coll O, Wang H. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Ann Anat.* 2019;225:1–10.
  33. De Almeida EO, Pellizzer EP, Goiatto MC, Margonar R, Rocha EP, Freitas AC,

- et al. Computer-guided surgery in implantology: Review of basic concepts. *J Craniofac Surg.* 2010;21(6):1917–21.
34. Echezarreta R, Denis J, Castillo R, González S. Importancia de la férula radiológica en la planificación de la rehabilitación protésica implantológica. *Rev Habanera Ciencias Médicas.* 2005;4(3):1–7.
  35. Al-ekrish AA, Diag C, Omfr S. Radiology of implant dentistry. *Radiol Clin North Am.* 2017;56(1):141–56.
  36. De Vico G, Ferraris F, Arcuri L, Guzzo F, Spinelli D. A novel workflow for computer guided implant surgery matching digital dental casts and CBCT scan. *ORAL Implantol.* 2016;9(1):33–48.
  37. Lewis RC, Harris BT, Sarno R, Morton D, Llop DR, Lin WS. Maxillary and mandibular immediately loaded implant-supported interim complete fixed dental prostheses on immediately placed dental implants with a digital approach: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 2015;114(3):315–22.
  38. Arcuri L, De Vico G, Ottria L, Condò R, Cerroni L, Mancini M, et al. Smart fusion vs. Double scan: A comparison between two data-matching protocols for a computer guided implant planning. *Clin Ter.* 2016;167(3):55–62.
  39. Bornstein M, Horner K, Jacobs R. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts , indications and limitations for clinical practice and research. *Periodontol 2000.* 2017;73:51–72.
  40. Kola MZ, Shah AH, Khalil HS, Rabah AM, Harby NMH, Sabra SA, et al. Surgical Templates for Dental Implant Positioning; Current Knowledge and Clinical Perspectives. *Niger J Surg.* 2015;21(1):1–5.
  41. Lee W, Huang C, Chung S, Wei C. An efficient and accurate approach for fabricating dental implant surgical guides. *Bio-Medical Mater Eng.* 2014;24:2689–95.
  42. Yogui FC, Verri FR, Gomes JMDL, Lemos CAA, Cruz RS. Comparison between computer-guided and freehand dental implant placement surgery : A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2020;50(2):242–50.
  43. Yamada J, Kori H, Tsukiyama Y, Matsushita Y, Kamo M, Koyano K. Immediate

- Loading of Complete-Arch Fixed Prosthesis for Edentulous Maxillae After Flapless Guided Implant Placement: A 1-Year Prospective Clinical Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015;30(1):184–93.
44. An X, Yang HW, Choi BH. Digital Workflow for Computer-Guided Implant Surgery in Edentulous Patients with an Intraoral Scanner and Old Complete Denture. *J Prosthodont*. 2019;28(6):715–8.
  45. Raico YN, Rodrigues I, Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2016;0:1–11.
  46. Voulgarakis A, Strub JR, Att W. Outcomes of implants placed with three different flapless surgical procedures: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2014 Apr;43(4):476–86.
  47. Kraft B, Frizzera F, de Freitas RM, de Oliveira GJLP, Marcantonio Junior E. Impact of fully or partially guided surgery on the position of single implants immediately placed in maxillary incisor sockets: A randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2020;22(5):631–7.
  48. Becker W, Goldstein M, Becker BE, Sennerby L, Kois D, Hujoel P. Minimally Invasive Flapless Implant Placement: Follow-Up Results From a Multicenter Study. *J Periodontol*. 2009;80(2):347–52.
  49. Chen Z, Li J, Sinjab K, Mendonca G, Yu H, Wang HL. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: A cadaver study. *Clin Oral Implants Res*. 2018;29(12):1186–94.
  50. Putra RH, Yoda N, Iikubo M, Kataoka Y, Yamauchi K, Koyama S, et al. Influence of bone condition on implant placement accuracy with computer-guided surgery. *Int J Implant Dent*. 2020;6(1).
  51. D’haese J, Van De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H. Accuracy and Complications Using Computer-Designed Stereolithographic Surgical Guides for Oral Rehabilitation by Means of Dental Implants: A Review of the Literature. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;14(3):321–35.

52. D'haese J, Van De Velde T, Elaut L, De Bruyn H. A Prospective Study on the Accuracy of Mucosally Supported Stereolithographic Surgical Guides in Fully Edentulous Maxillae. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(2):293–303.
53. Magrin GL, Rafael SNF, Passoni BB, Magini RS, Benfatti CAM, Gruber R, et al. Clinical and tomographic comparison of dental implants placed by guided virtual surgery versus conventional technique: A split-mouth randomized clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2020;47(1):120–8.
54. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29 Suppl:25–42.
55. Schelbert T, Gander T, Blumer M, Jung R, Rücker M, Rostetter C. Accuracy of Computer-Guided Template-Based Implant Surgery: A Computed Tomography-Based Clinical Follow-Up Study. *Implant Dent.* 2019;28(6):556–63.
56. Lin G-H, Chan H-L, Bashutski JD, Oh T-J, Wang H-L. The effect of flapless surgery on implant survival and marginal bone level: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol.* 2014 May;85(5):e91-103.
57. Moraschini V, Velloso G, Luz D, Barboza EP. Implant survival rates, marginal bone level changes, and complications in full-mouth rehabilitation with flapless computer-guided surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015 Jul;44(7):892–901.
58. Polizzi G, Cantoni T. Five-year follow-up of immediate fixed restorations of maxillary implants inserted in both fresh extraction and healed sites using the nobelguide™ system. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(2):221–33.
59. Lerner H, Hauschild U, Sader R, Ghanaati S. Complete-arch fixed reconstruction by means of guided surgery and immediate loading: A retrospective clinical study on 12 patients with 1 year of follow-up. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):1–18.
60. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Sep;20 Suppl 4:73–86.