



Universitat de Lleida

## **Cirugía de implantes dentales guiada por ordenador mínimamente invasiva. Revisión y estudio de 10 años de evolución de la técnica, experiencia clínica, análisis de la precisión y eficiencia de este nuevo sistema de rehabilitación implantoprotésica**

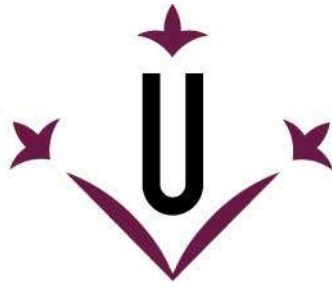
Antonio José Mesalles Subirá

<http://hdl.handle.net/10803/669207>

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

**WARNING.** Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



**Universitat de Lleida**

## **TESI DOCTORAL**

Cirugía de implantes dentales guiada por ordenador mínimamente invasiva.  
Revisión y estudio de 10 años de evolución de la técnica, experiencia  
clínica, análisis de la precisión y eficiencia de este nuevo sistema de  
rehabilitación implantoprotésica.

**Antonio José Mesalles Subirá**

Memòria presentada per optar al grau de Doctor per la Universitat de Lleida  
Programa de Doctorat en Salut

Director  
Joan Viñas Salas

Tutor  
Joan Viñas Salas

2019

## AGRADECIMIENTO

A los Doctores Joan Viñas, Javier López del Moral, Jordi Tarragona, Anna Khatchkevich, Roberto López Píriz, José Manuel Porcel, Antonia Salud, Jesús Albiol, Ramón Ventín, Ignacio Lamberto, César Oleskovicz, Flavio Henrique, Docentes de la Facultad de Estomatología de Villa Clara, Dr. Rickard Bränemark y Profesores del Centro Biosum Intersdisciplinary Research School in Biomaterials de la Universidad de Goteburgo, que de manera desinteresada me han ayudado en la realización de la Tesis, aportando sus conocimientos científicos y ejemplo como profesionales y personas.

A mis padres, familiares, amigos, colegas y profesores que me han estimulado en el esfuerzo.

## **RESUMEN**

### **Introducción**

Los implantes dentales son el estándar terapéutico para la reposición de piezas dentales. La Cirugía Guiada por ordenador Mínimamente Invasiva es un avance por el aumento de precisión, seguridad, eficiencia y satisfacción de los pacientes. Los implantólogos pioneros se enfrentaron a un nuevo protocolo, software de planificación, nuevo instrumental y guía quirúrgica. Se necesita una curva de aprendizaje por lo que muchos abandonaron; lo que generó desconfianza y dudas en la practicidad y precisión.

El objetivo es el estudio in vitro de la precisión de la Técnica, evaluando el desvío lineal y angular de los implantes instalados en prototipos respecto a la planificación virtual.

### **Material y Métodos:**

Se utilizaron 10 prototipos idénticos de maxilar parcialmente edéntulos. En cada prototipo se instalan implantes diferenciados en 3 grupos por la manera de colocarse:

Grupo 1: Para los dientes 24 y 26, se instalan implantes usando la guía quirúrgica prototipada confeccionada con la técnica de doble tomografía clásica.

Grupo 2: Para los dientes 14 y 16, se instalan implantes usando la guía quirúrgica confeccionada con nueva sistemática de la tomografía de la cubeta de impresión.

Grupo 3: Para los dientes 15 y 25, los implantes se instalan con una férula convencional sin usar el software de planificación virtual para obtener la guía quirúrgica.

Tras la colocación de los implantes, se realizaron tomografías a los prototipos, que se convirtieron en imagen 3d con un software conversor, para comparar, por el método de superposición, las posiciones de los implantes con las de la planificación virtual.

Se realiza un análisis estadístico de las mediciones obtenidas de desviaciones lineales y angular en los tres grupos diferentes.

### **Resultados:**

El Grupo 3 y sus implantes correspondientes presentan una desviación significativa  $p < 0.05$  en relación a los otros dos Grupos e implantes respectivos, que presentan resultados similares tanto en las desviaciones lineales como las angulares.

### **Conclusiones:**

Existe un incremento significativo de precisión con las técnicas guiadas por ordenador en la colocación de los implantes. Se obtienen mejores resultados con la nueva sistemática de tomografía de la impresión dental, que resulta más eficiente al simplificar el proceso.

**Palabras clave:** cirugía guiada, implantes dentales, guía quirúrgica, implantología oral.

## **RESUM**

### **Introducció**

Els implants dentals són el tractament terapèutic per a la reposició de peces dentals. La Cirurgia Guiada per ordinador Mínimament Invasiva és un avanç per l'augment de precisió, seguretat, eficiència i satisfacció dels pacients. Els implantòlegs pioners es van enfrontar a un nou protocol, programa informàtic de planificació, nou instrumental i guia quirúrgica. Es necessita una corba d'aprenentatge pel que molts abandonen; el que va generar desconfiança i dubtes en la practicitat i precisió.

L'objectiu és l'estudi in vitro de la precisió de la Tècnica, avaluant la desviació lineal i angular dels implants instal·lats en prototips respecte a la planificació virtual.

### **Material i mètodes:**

Es van utilitzar 10 prototips idèntics de maxil·lar parcialment edèntuls. En cada prototip s'implanten implants diferenciats en 3 grups per la forma de col·locar:

Grup 1: Per als dents 24 i 26, s'instal·len implants utilitzant la guia quirúrgica prototipada confeccionada amb la tècnica de doble tomografia clàssica.

Grup 2: Per als dents 14 i 16, s'instal·len implants utilitzant la guia prototipada confeccionada amb nova sistemàtica de la tomografia de la cubeta d'impressió.

Grup 3: Per als dents 15 i 25, els implants es instal·len amb una fèrula convencional sense utilitzar el programa de planificació virtual per obtenir la guia quirúrgica.

Després de la col·locació dels implants, es van realitzar tomografies als prototips, que es van convertir en imatge 3d amb un programa convertidor, per comparar, pel mètode de superposició, les posicions dels implants amb les de la planificació virtual.

Es realitza una anàlisi estadística de les mesures obtingudes de desviacions lineals i angular en els tres grups diferents.

### **Resultats:**

El Grup 3 i els seus implants corresponents presenten una desviació significativa  $p < 0.05$  en relació als altres dos Grups i implants respectius, que presenten resultats similars tant en les desviacions lineals com les angulars.

### **Conclusions:**

Hi ha un increment significatiu de precisió amb les tècniques guiades per ordinador a la col·locació dels implants. S'obtenen millors resultats amb la nova sistemàtica de tomografia de la impressió dental, que resulta més eficient al simplificar el procés.

**Paraules clau:** cirurgia guiada, implants dentals, guia quirúrgica, implantologia oral.

## **SUMMARY**

### **Introduction**

Dental implants are the therapeutic standard for the replacement of the teeth. Minimally Invasive Computer Guided Surgery is an advance in increasing accuracy, safety, efficiency and patient satisfaction. Pioneering implantologists faced a new protocol, planning software, new instrumental and surgical guide. A learning curve is needed so many abandoned; which generated distrust and doubts in the practicality and precision. The objective is the in vitro study of the precision of the Technique, evaluating the linear and angular deviation of implants installed in prototypes regarding virtual planning.

### **Material and Methods:**

10 identical prototypes were used to partially edentate jaws. In each prototype, implants are differentiated in 3 groups by the way they are placed:

Group 1: For teeth 24 and 26, implants are installed using the prototyped surgical guide made with the technique of double tomography technique.

Group 2: For teeth 14 and 16, implants are installed using the surgical guide made with new system of the tomography of the impression tray.

Group 3: For teeth 15 and 25, the implants are installed with a conventional splint without using the virtual planning software to obtain the surgical guide.

After the implants were placed, tomographs were performed on the prototypes, which were converted into a 3d image with a converter software, to compare, by the superposition method, the positions of the implants with those of the virtual planning.

A statistical analysis of the measurements obtained from linear and angular deviations in the three different groups is performed.

### **Results:**

Group 3 and its corresponding implants have a significant deviation  $p < 0.05$  in relation to the other two respective Groups and implants, which show similar results in both linear and angular deviations.

### **Conclusions:**

There is a significant increase in accuracy with computer-guided techniques in implant placement. Better results are obtained with the new dental impression tomography system, which is more efficient by simplifying the process.

**Key words:** guided surgery, dental implants, surgical guide, oral implantology.

## Índice:

INTRODUCCIÓN A LA IMPLANTOLOGÍA ORAL .....	6
IMPLANTES DENTALES .....	8
OSTEOINTEGRACIÓN .....	11
TÉCNICA QUIRÚRGICA.....	37
CIRUGÍA GUIADA.....	60
JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	63
HIPÓTESIS .....	67
OBJETIVOS.....	68
MATERIAL Y MÉTODOS: .....	69
RESULTADOS .....	102
DISCUSIÓN.....	141
CONCLUSIONES.....	349
CONCLUSIONS .....	351
BIBLIOGRAFÍA.....	353

## INTRODUCCIÓN A LA IMPLANTOLOGÍA ORAL

La odontología tiene como uno de sus principales objetivos el reconstruir estructuras dentales y la rehabilitación, bien sean el origen pérdidas o alteraciones que provocan un déficit estético y funcional.

La forma tradicional de sustituir los dientes ausentes, tanto en pacientes desdentados totales como parcialmente edéntulos, ha sido mediante la confección de prótesis, las cuales, según las necesidades y posibilidades de cada caso, pueden ser removibles, mucosoportadas, o dentomucosoportadas, o parciales fijas dentosoportadas.

La dificultad de llevar o soportar una prótesis removible está relacionada con un reducido soporte del hueso residual, normalmente recubierto por una mucosa fina, y acompañado de unos patrones neuromusculares desfavorables.

La obtención de retención y estabilidad de la prótesis completa acostumbra a ser más compleja en la mandíbula que en el maxilar debido a que en el maxilar superior existe una mayor superficie de contacto gracias al soporte palatino; sin embargo en la mandíbula el hueso residual suele ser escaso por la reabsorción, sumado a la problemática añadida de la movilidad de la lengua <sup>[1]</sup>.

Las principales quejas de los pacientes sobre las dentaduras totales son la inestabilidad, el desplazamiento, la incomodidad y la vergüenza cuando necesitan quitárselas.

Cuando la dentadura es del maxilar superior, hay referencias de pérdida parcial del sentido del gusto debido a la porción palatina que impide que la lengua toque la mucosa, bloqueada por la resina acrílica de la dentadura <sup>[2]</sup>.

Se han desarrollado algunos materiales adhesivos para ayudar en la retención de la prótesis. Sin embargo, los pacientes que usan una dentadura postiza total, casi siempre expresan quejas del sabor, que puede ser desagradable, y que estos adhesivos frecuentemente tienen una pérdida repentina de efecto durante su uso; lo que hace que las dentaduras postizas sean inestables.

En el caso de los puentes parciales dentosoportados, el profesional estaba obligado al tallado de desgaste de los dientes adyacentes en forma de pilares <sup>[3]</sup>.



Si bien estas opciones terapéuticas tienen aún plena vigencia, las prótesis implantosoportadas han ido adquiriendo una preponderancia cada vez mayor en las últimas décadas; constituyendo actualmente, para la mayoría de los profesionales, la primera opción rehabilitadora <sup>[4]</sup>.

Hoy en día se han creado estas nuevas alternativas de tratamiento más acordes con las características y requerimientos del paciente <sup>[5]</sup>.

Gracias al concepto de osteointegración que surgió en los años cincuenta, el uso de implantes con fines protésicos se ha convertido en otra opción real de tratamiento, ampliamente difundida hoy en día <sup>[6]</sup>.

## IMPLANTES DENTALES

La rehabilitación oral mediante prótesis fija con implantes osteointegrados ha demostrado ser una alternativa de tratamiento con una elevada tasa de éxito en la atención odontológica de los pacientes edéntulos [7].

Un implante dental es un elemento externo de biomaterial que se inserta en el hueso maxilar o de la mandíbula para reemplazar la raíz de un diente [8].

Es parte de la unidad protésica que sustituye a la raíz del diente y que además del implante, se compone también del pilar protésico para soportar la prótesis [8].

Los implantes dentales se han convertido en una técnica rutinaria y predecible, siendo a día de hoy el estándar terapéutico para la reposición de piezas dentales en adultos [9].

Brindan un tratamiento predecible tanto a los pacientes edéntulos como a los parcialmente dentados [10].

En los edéntulos totales, los implantes dentales han aportado la posibilidad de sujetar la dentadura al hueso mejorando la calidad de vida de los pacientes; y en los edéntulos parciales supone la reposición de las piezas sin la necesidad de apoyarse y modificar las piezas vecinas.

Con la edad y sobre todo la no función de los maxilares, se produce una pérdida ósea al igual que en el cuerpo humano con la edad se produce una involución general en mayor o menor grado.

Lo que sorprende a muchos pacientes es saber es esa pérdida de dientes también conduce a la pérdida de hueso. En el primer año después de la pérdida dental, los pacientes pueden experimentar una disminución del 25% en el ancho del hueso y una pérdida 4 milímetros de altura del hueso y la altura facial disminuye.

A medida que la pérdida ósea progresa con el tiempo, las dentaduras removibles pierden su estabilidad causando a menudo incomodidad y dolor.

Las prótesis removibles fomentan la reabsorción y el grado avanzado de pérdida ósea dificulta la posibilidad de colocar una prótesis retenida por implantes [449].

El hueso requiere la estimulación de los dientes funcionales para mantener su altura y anchura. Para reducir o detener la pérdida ósea, la falta los dientes deben ser reemplazados. Esto solo es posible con el tratamiento por medio de implantes dentales.

## Enfermedad periodontal

La enfermedad periodontal es la principal causa de pérdida de dientes junto con la caries. Es una patología infecciosa causada por bacterias presentes en la boca que afecta a los tejidos que soportan a los dientes <sup>[11]</sup>.

Existen dos tipos de enfermedades periodontales: gingivitis y periodontitis. La gingivitis afecta únicamente a la encía y es un proceso reversible. La principal señal de alerta es el sangrado. Si el proceso continúa en el tiempo podría desembocar en una periodontitis.

En la periodontitis se produce una inflamación de la encía y una destrucción más profunda que afecta a todos los tejidos que soportan el diente.

Es un proceso irreversible que podría provocar la pérdida del diente.

Entre los factores que favorecen la evolución de gingivitis a periodontitis están:

Factores genéticos,

Estrés

Consumo de alcohol

Sobrepeso

Tabaco. El tabaquismo compromete la cicatrización <sup>[13]</sup>.

Enfermedades sistémicas (diabetes <sup>[12]</sup>, osteoporosis...)

Medicamentos que producen un engrosamiento gingival

Malos hábitos de higiene bucal

Piezas dentarias mal posicionadas

Empastes mal ajustados

En un estudio con los implantes, se demuestra que el consumo de alcohol disminuye tanto la densidad ósea como el contacto directo hueso-implante alrededor de los implantes de titanio en conejos usados experimentalmente <sup>[14]</sup>.

La mejor forma de prevenir la enfermedad periodontal es mantener una correcta higiene bucal, controlando así la cantidad de placa dental presente.

Es necesario realizar revisiones periódicas para poder realizar un diagnóstico precoz de la enfermedad en caso de que aparezca.

El tratamiento de la gingivitis se realiza mediante profilaxis profesional (limpieza de boca), y raspado y alisado radicular en el caso de la periodontitis.

En alguna ocasión, es necesaria la realización de cirugías periodontales para limpiar las bacterias, la placa y el sarro presentes en las raíces de los dientes.

Las enfermedades periodontales como la gingivitis y la periodontitis, son comunes en todo el mundo <sup>[16]</sup>.

Entre las bacterias relacionadas con la enfermedad periodontal, existen dos especies más claramente asociadas a esta enfermedad: *Actinobacillus actinomycetemcomitans* y *Porphyromonas gingivalis* <sup>[15]</sup>.

Recientemente, se ha determinado que alrededor de 50 especies de bacterias son causantes de la enfermedad periodontal; Encontrándose con mayor frecuencia y proporción algunas especies de bacterias anaerobias estrictas, por lo cual, se les considera los principales agentes etiológicos de esta patología.

No obstante, en los últimos años se han aislado especies de bacterias no comunes de la familia Enterobacteriaceae, Pseudomonaceae, Acinetobacter y Staphylococcus; así como Streptococcus beta hemolítico de bolsas periodontales.

## OSTEOINTEGRACIÓN

Las bases científicas de la implantología actual fueron establecidas en la década de los sesenta a partir de que, en 1952, en Suecia, el Profesor Brånemark tuvo un contratiempo afortunado.

Muy irritado, el Profesor Brånemark se encontró que era imposible recuperar cualquiera de los microscopios de titanio que estaba usando en su investigación; ya que habían quedado anclados en el hueso.

Los componentes de titanio aparentemente habían quedado irreversiblemente unidos al tejido óseo vivo <sup>[18]</sup>.

De esta manera, el Profesor Per-Ingvar Brånemark, descubrió, casi por casualidad, la extraordinaria biocompatibilidad del titanio y su resistente unión al tejido óseo, acuñando, para esta relación, el término osteointegración; el cual se ha incorporado de forma sólida y permanente al lenguaje médico <sup>[4]</sup>.

Su curiosidad aumentó, y el Profesor Brånemark demostró que, en condiciones controladas, el titanio puede ser integrado en hueso vivo sin inflamación de tejidos blandos a largo plazo sin rechazo.

Nos quedamos todos en deuda con él y su equipo por sus trabajos de investigación sobre la osteointegración llevados a cabo durante casi cinco décadas en Gotemburgo, Suecia, y su Instituto en Baurú, Brasil <sup>[19]</sup>.

"Nadie debería tener que poner los dientes en un vaso antes de irse a dormir". Esta idea personifica al Profesor Per-Ingvar Brånemark, que falleció en diciembre de 2014 en su ciudad natal de Gotemburgo, Suecia, a los 85 años. El legado del Profesor Brånemark ha sido muy valioso para los futuros investigadores <sup>[23]</sup>.

Retornando al hallazgo, el Profesor llamó a este fenómeno osteointegración, para referirse a la aceptación y anclaje de piezas de titanio colocadas en el hueso maxilar, actualmente conocidas como implantes dentales.

La primera aplicación práctica de osteointegración fue la implantación de “raíces” de titanio en un paciente edéntulo en 1965. Éste fue el nacimiento de la implantología moderna, que utiliza implantes de titanio para rehabilitaciones protésicas [20,21].

El Sr. Gösta Larsson fue el primer paciente de la era moderna de los implantes dentales. Nacido en 1931, tratado con rehabilitación con implantes en 1965, murió en 2006 habiendo llevado los implantes más de 40 años.

El Profesor Per-Ingvar Brånemark, por entonces Educador de Anatomía en la Universidad de Goteburgo en Suecia, colocó el primer implante dental de titanio en este voluntario que se prestó a la prueba porque quería tener “dientes de nuevo”.

Se demostró el contacto real entre la superficie del implante y el hueso adyacente, lo que supuso la confirmación histológica necesaria para que la investigación resultase concluyente.

Varios científicos desarrollaron diversas investigaciones sobre implantología, y se fue perfeccionando el sistema de los implantes osteointegrados hasta su aceptación por la comunidad científica internacional, que tuvo lugar en el Congreso Internacional de Toronto en Canadá, en 1982. En este evento se compararon los resultados obtenidos por diferentes grupos de científicos, que desvelaban un porcentaje muy elevado de éxito de los implantes osteointegrados, después de un seguimiento mínimo de 5 años.

La osteointegración implica la coexistencia de un implante sometido a cargas masticatorias y un tejido óseo vivo unido a la superficie del mismo.

La implantología sigue siendo hoy en día una tecnología moderna, que continúa en expansión y con mayor número de profesionales formados y encargados de ponerla en práctica, inducidos a su vez, por las crecientes demandas de calidad de vida exigidas por los usuarios [4].

También se utilizan implantes similares en otras áreas, como por ejemplo para las reconstrucciones con epítesis de oreja por ejemplo [22].

## TEJIDO ÓSEO

El hueso es un tejido conectivo especializado vivo, vascularizado y dinámico, compuesto por células establecidas en una matriz extracelular calcificada [4].

Para su estudio, esta matriz se puede dividir en los componentes minerales inorgánicos (65% del peso seco del hueso) que se depositan entre la matriz orgánica; fundamentalmente fosfato cálcico, que confieren la solidez característica.

Y por otra parte la matriz orgánica (35%), compuesta por fibras de colágeno, incluidas en una sustancia fundamental de naturaleza glicoproteica, que proporcionan flexibilidad y resistencia al tejido y que almacenan importantes factores de crecimiento.

La matriz ósea está recorrida por un sistema de cavidades que se comunican entre sí; las células óseas se disponen en el interior en lagunas óseas, o en las orillas de dichas cavidades, desde donde desempeñan su función de renovación y reabsorción de la propia matriz. Todo ello, con una histoarquitectura muy particular, forma el osteoma o sistema de Havers; que es la unidad anatómica y funcional del tejido óseo.

El Colágeno constituye aproximadamente el 90% de la matriz orgánica. Tiene un papel fundamental en el proceso de regeneración actuando como sustrato para la activación de osteoblastos y osteoclastos y la agregación plaquetaria.

La sustancia inorgánica está representada por depósitos submicroscópicos de un tipo de fosfato cálcico, muy parecido al mineral hidroxiapatita. Este mineral está presente en forma de pequeños cristales, como plaquitas o palillos. Los cristales no tienen una distribución azarosa, sino que están situados sobre y dentro de las fibras colágenas, apareciendo regular y periódicamente a intervalos a lo largo de las fibras siguiendo la trama molecular del colágeno.

En cualquier momento de la vida, entre el 3 y el 5% del esqueleto está siendo remodelado, es decir, reabsorbido por osteoclastos y sustituido por nuevo hueso aportado por los osteoblastos. Este tejido se renueva y se reabsorbe continuamente, gracias a la actividad de sus células específicas. Éstas son los osteoblastos, células osteoformadoras que realizan el desarrollo, crecimiento, mantenimiento y reparación del hueso; los osteocitos,

que son los osteoblastos maduros y desarrollan una actividad menor; y los osteoclastos, células multinucleadas que se encargan de reabsorber o eliminar la materia ósea.

### *Tipos de hueso según su densidad*

En los distintos huesos del cuerpo existe: el hueso trabecular o esponjoso y el hueso cortical o compacto. Sus propiedades físicas y mecánicas son diferentes y de vital importancia para el proceso de osteointegración.

El hueso trabecular se remodela más rápidamente que el cortical, lo que, desde una perspectiva biológica justifica la afirmación de que en la cicatrización ósea periimplantaria, el hueso trabecular es biológicamente mejor que el lentamente remodelante hueso cortical [4].

El hueso medular, trabecular o esponjoso está formado en un 70% por tejido blando, en especial médula ósea, que ocupa las cavidades de las trabéculas o capas de tejido óseo dispuesto en finas barras y espículas trenzadas.

Estas trabéculas constituyen una red tridimensional y forman parte del sistema de alimentación de los osteocitos.

De esta subdivisión se ha derivado una clasificación clínica que distingue cuatro "calidades óseas" desde el tipo I, en la que casi todo el hueso maxilar está compuesto por hueso compacto homogéneo y el IV, en la que bajo una fina capa de hueso cortical se encuentra un núcleo de hueso esponjoso de baja densidad.

En implantología al hueso de baja densidad, en ocasiones, se le ha denominado de "pobre calidad", debido a que, en este tipo de consistencia, los primitivos implantes de superficie mecanizada exhibían un resultado frecuentemente insatisfactorio.

Sin embargo, esta deficiente utilidad clínica no se corresponde con una mala calidad ósea desde una perspectiva biológica.



## El fenómeno de la Osteointegración

La osteointegración es la conexión firme, estable y duradera entre el implante dental y el tejido óseo formado a su alrededor <sup>[8]</sup>.

La osteointegración se define como una conexión directa estructural y funcional entre tejido vivo, ordenado y la superficie de un implante sometido a carga protésica.

La creación y mantenimiento de la osteointegración depende de las capacidades de cicatrización, reparación y remodelación de los tejidos <sup>[24]</sup>.

El interés en el éxito de la osteointegración ha permitido a los clínicos ofrecer una extensa gama de alternativas de tratamiento a los pacientes desdentados, que incluyen desde reemplazos unitarios hasta reconstrucciones de toda una arcada dentaria <sup>[24]</sup>.

La selección del paciente, la inspección, anamnesis, tener un buen conocimiento y dominio de las técnicas quirúrgicas y protésicas, manejar las distintas alternativas de implantes y aditamentos protésicos disponibles y dominar conceptos biomecánicos, son aspectos fundamentales para obtener un tratamiento predecible y exitoso, desde un punto de vista quirúrgico, protésico, funcional y estético <sup>[24]</sup>.

Una adecuada osteointegración está sujeta a la aceptación del implante por parte de los tejidos vivos; sin la formación de tejido fibroso en la interface hueso-implante y sin la presencia de síntomas de inflamación severa.

La interface hueso-implante dental permite distribuir adecuadamente las cargas mecánicas ejercidas durante la masticación <sup>[8]</sup>.

Por lo tanto, esta interface debe considerarse como el resultado de la interacción de un conjunto de factores que modulan la respuesta biológica y que determinan el éxito de la osteointegración, entre los que se encuentran la respuesta inmune del paciente, el procedimiento de inserción, las características fisiológicas del hueso receptor, los factores mecánicos del implante y su superficie, y la acción de fuerzas mecánicas sobre el hueso y el implante.

Desde el punto de vista biológico la formación del hueso en la interface es similar al proceso de cicatrización de una fractura.

Sin embargo, en la planificación de un tratamiento dental que incluya la inserción de un implante dental, se deben tener en cuenta aspectos aún más generales que la anatomía del hueso alveolar, distintos a su capacidad regenerativa.

Entre estos aspectos se encuentran la edad del paciente, el historial de posibles enfermedades óseas, el volumen de hueso necesario para que el implante sea exitoso conforme a las dimensiones anatómicas del maxilar del paciente, la posición y dirección que por estética el implante dental debe tener respecto a los dientes remanentes y al maxilar [8].

La viabilidad del proceso de cicatrización y del nuevo hueso están en relación directa con la densidad del hueso y con el procedimiento quirúrgico utilizado [8]. Resulta muy conveniente que el sitio de implantación tenga una densidad de hueso adecuada [8].

La dualidad entre estabilidad y tiempo de cicatrización ha permitido la aparición de nuevas tecnologías de fabricación de implantes dentales y nuevos protocolos de inserción que mejoran la tasa y velocidad de cicatrización; independiente de la densidad de hueso, con lo cual se impulsa el diseño de implantes osteointegrables destinados a ser usados en zonas con hueso mayoritariamente trabecular [8].

Adicionalmente, la adecuada selección del implante y el procedimiento de inserción determinan buena parte de las características de estabilidad y anclaje del hueso circundante y, por lo tanto, la osteointegración de la interface funcional de un implante insertado en el hueso.

## *Cell to Cell*

Tras la perforación del hueso para la colocación de los implantes, se desencadena la secuencia de eventos moleculares y celulares que se producen durante las diversas fases de la curación de las heridas con el objetivo final de la osteointegración.

Los personajes principales son las células. Se comunican entre sí vía moléculas mensajeras que, llevan a cabo sus roles y luego desaparecen.

El implante dental colocado no interfiere en el proceso de curación mientras asume su función <sup>[25]</sup>.

La osteointegración tiene la intención de estimular el desencadenamiento de los complejos procesos biológicos que la facilitan, poniendo especial atención a los tipos de células y a los mediadores (citocinas o citoquinas) implicados.

El proceso de la osteointegración consiste de cuatro etapas; cada una asociada a un evento biológico característico:

- 1) Hemostasia: formación del hematoma (sangrado y coagulación)
- 2) Inflamación: degradación del coagulo y limpieza de la herida (fibrinólisis)
- 3) Proliferación: formación de tejido granular (fibroplasia y angiogénesis)
- 4) Remodelación: síntesis y mineralización de nuevo hueso <sup>[8]</sup>.

La homeostasis (fase exudativa) comienza con el trauma quirúrgico provocado por la perforación de la fresa para la posterior colocación de los implantes. La duración de esta fase es de minutos a horas. Con el trauma óseo de la matriz ósea y las proteínas, los factores de crecimiento y diferenciación, que están almacenados en la matriz ósea, se convierten en solubles debido a las enzimas proteolíticas de las plaquetas sanguíneas.

Las plaquetas se agregan en las filtraciones vasculares formando trombos blancos. Después de agregarse las plaquetas, se degranulan y liberan factores de crecimiento vasoconstringentes y mitogénicos.

El sangrado de los vasos sanguíneos lesionados sienta las bases de la polimerización de fibrinógeno para crear una primera matriz extracelular.

La polimerización de fibrinógeno se lleva a cabo por la trombina y es iniciado por las plaquetas (sistema extrínseco) y por la cascada de la vía intrínseca de la coagulación.

La trombina se forma a partir del precursor protrombina en una reacción catalizada por la enzima tromboplastina, en presencia de iones de calcio.

La tromboplastina se encuentra en casi todos los tejidos y se libera cuando existe rotura de plaquetas y lesión de las células hísticas.

La trombina transforma el fibrinógeno a fibrina, convirtiendo así al fibrinógeno en un monómero de fibrina.

Los monómeros se unen formando oligómeros y cuando estos oligómeros son más grandes que  $0,5\mu\text{m}$ . se denominan protofibrillas [26].

Las protofibrillas se asocian lateralmente entre sí generando ramificaciones, haciendo de la fibrina una red tridimensional. En esta estructura el ion calcio tiene un importante papel.

A través de la absorción de proteínas, las células son capaces de adherirse a la superficie de titanio. Las consecuencias de la unión de las células están influenciadas ampliamente por este recubrimiento inicial del titanio con proteínas de la sangre.

La fase inflamatoria se inicia aproximadamente a los 10 minutos y dura los primeros días después de la cirugía. Comienza con la degranulación de las plaquetas que liberan factores de crecimiento.

La histamina, vasodilatador derivado de las plaquetas; incrementa el flujo sanguíneo, disminuye la velocidad, e induce la hiperemia.

La transición a la fase proliferativa se caracteriza por la formación de una nueva matriz extracelular a través de la angiogénesis.

Los fibroblastos se mueven a través de la matriz de fibrina en forma ameboidea. Mediante MMPs de la membrana (metaloproteinasas de matriz extracelular), degradan la matriz de fibrina cavando túneles en ella. Sintetizan nuevo colágeno y elastina y ayudan a formar un tejido de granulación que incluye la angiogénesis.

El movimiento de los fibroblastos es dirigido por el gradiente de concentración de los factores de crecimiento producidos por los macrófagos.

El nuevo hueso se forma únicamente en relación a los vasos sanguíneos. Las células maduras del hueso no sobreviven más de 200  $\mu\text{m}$  (micras) de distancia de un vaso sanguíneo. En primer lugar, el vaso sanguíneo se desarrolla y a continuación le sigue el hueso, llamándose este proceso “osteogénesis angiogénica”.

La formación de nuevo hueso necesita un entorno mecánicamente estable. La célula osteoprogenitora se adhiere a la superficie de un implante a través de integrinas. Las integrinas se unen a proteínas de la matriz extracelular tales como fibronectina.

Un osteoblasto no se adhiere directamente a un metal, pero sí a la capa de proteínas situada en la parte exterior del implante.

Después de un firme apego a la superficie, la célula osteoprogenitora se vuelve secretora y ahora es conocida como osteoblasto que comienza a expresar osteocalcina y fosfatasa alcalina.

Las células osteoprogenitoras se diferencian a partir de las células mesenquimales y cuentan con potencial para diferenciarse hacia condroblastos u osteoblastos.

La nueva formación de hueso comienza con la secreción de una matriz de colágeno por los osteoblastos.

En la fase de remodelación uno de los jugadores celulares clave son los osteoclastos. Los osteoclastos aparecen en la lesión a los pocos días. Empiezan a crear espacio para la nueva formación de hueso y eliminan los contactos primarios hueso-implante.

Al principio, la acción de los osteoclastos depende de los osteoblastos que controlan la osteoclastogénesis.

### *Remodelación*

El éxito del proceso, al final, depende de la función de dos procesos previos: la osteoinducción y la osteoconducción. La osteoinducción es el proceso a través del cual las células madre se diferencian en las células osteogénicas que forman el tejido óseo.

La deposición de nuevo hueso por parte de estas células se conoce como osteogénesis.

Existen dos tipos de osteogénesis: osteogénesis a distancia y osteogénesis de contacto.

En la primera, el tejido óseo se forma desde la superficie del hueso circundante.

En la segunda, la formación de tejido óseo se produce desde la superficie del implante.

Es decir, la formación de hueso tiene dos direcciones: desde la superficie del hueso circundante hacia el implante y desde la superficie del implante hacia el hueso circundante. Sin embargo, y a pesar que la osteogénesis de contacto forma tejido óseo a una velocidad 30% mayor que la osteogénesis a distancia, la formación desde la superficie del implante implica que dicha superficie permita su colonización por parte de células de origen mesenquimal. Esta colonización, denominada osteoconducción, corresponde a la formación de hueso sobre una superficie.

Este fenómeno depende esencialmente de la biocompatibilidad del material y de sus características superficiales [8].

Como consecuencia de la colonización de la superficie del implante por parte de las células osteoprogenitoras, se forma una interface de contacto entre el implante y los tejidos que lo rodean. Este contacto puede ser de dos tipos: el contacto con el hueso o tejido duro, y el contacto con el tejido fibroso o suave.

El contacto directo entre el hueso vivo y la superficie del implante forma una fuerte matriz extracelular de unión tanto estructural como funcional que incrementa con el tiempo, promueve la osteogénesis reparativa en la interface y permite la fijación del implante gracias a su mineralización.

En el caso de la interface con el tejido blando, se ha reportado que las células epiteliales forman un fuerte collar alrededor del implante que carece de signos de respuesta inflamatoria y que crea una fina capa de tejido conectivo poco vascularizada en las cercanías de la superficie del implante a partir de la cual comienza la regeneración tisular.

Estos contactos entre el tejido biológico y el implante están relacionados con las características topográficas en la superficie del implante.

Se ha establecido que las modificaciones superficiales de dimensiones menores a un micrómetro, tienen influencia en la morfología, orientación y adhesión celular, mientras que las dimensiones entre uno y cien micrómetros están asociadas con la formación de hueso; y las dimensiones superiores a los cien micrómetros, especialmente la topografía

roscada, están relacionadas con el soporte y estabilidad del implante frente a la acción mecánica.

Mientras la macrotopografía, es decir, el diseño acanalado del cuerpo del implante está relacionado con la resistencia a esfuerzos y la estabilidad inicial, la microtopografía, es decir, el tratamiento superficial, proporciona a la superficie del implante el patrón del remodelamiento. Este patrón superficial permite que la línea de cementación secretada por los precursores osteoblásticos se entrelace con la superficie del implante y asegure la formación del nuevo hueso.

De la misma manera, el recubrimiento de la superficie del implante puede incrementar la absorción de integrinas [8].

Los requisitos esenciales que se establecieron para la consecución de la osteointegración fueron:

La utilización de materiales biocompatibles, es decir, que no provocan reacción de rechazo en contacto con el organismo [27].

La técnica quirúrgica debe de ser mínimamente traumática para el tejido óseo, que prepare el lecho implantar con la mayor precisión posible, para que la brecha entre el hueso y el implante sea ínfima.

Un período de cicatrización sumergido de los implantes, que reduzca el riesgo de infección. (Este requisito ha cambiado con el tiempo con el concepto de función inmediata y la aparición de la cirugía guiada).

La longevidad de los implantes dentales es altamente dependiente en la integración entre los componentes del implante y tejidos orales, incluidos los tejidos duros y blandos [28].

Los criterios de éxito de los implantes osteointegrados:

Albrektsson y cols.,<sup>[255]</sup> publican en 1986 y 1991 artículos en los que enumeran los signos y síntomas clínicos que determinan el éxito de la osteointegración de los implantes<sup>[216]</sup>:

- Inmovilidad del implante testado clínicamente.
- No evidencia radiográfica de radiolucidez periimplantaria
- La pérdida ósea anual no debe ser mayor de 1,5-2mm., el primer año y 0,2mm/año en los siguientes<sup>[20]</sup>.
- Ausencia de signos y síntomas como el dolor, inflamación severa, infección, neuropatías, hiperestesias o invasión del conducto dentario.

El tiempo de osteointegración:

El momento idóneo para someter a carga los implantes depende de la estabilidad primaria y del tiempo que tarde en producirse la osteointegración de las fijaciones.

En este periodo de demora puede influir el tipo de implante, la superficie del mismo, la calidad del hueso, la utilización de injertos óseos y otros parámetros como puede ser la salud general del paciente.

En 1977 Brånemark y cols., publicaron el primer estudio a largo plazo sobre implantes bucales. Para estos autores, el fin de la colocación de implantes era la obtención de un buen soporte para la prótesis<sup>[29]</sup>.

El Profesor Brånemark y cols., afirmaron que el período de remodelación se extiende hasta 18 meses tras la inserción de los implantes.

La activación ocurre inmediatamente tras la cirugía. Aproximadamente tras las dos primeras semanas comienza la resorción del hueso periimplantario, ello disminuye la estabilidad primaria del implante durante unas pocas semanas.

Misch, consideró diferentes tiempos de osteointegración dependiendo de la calidad del hueso; así para el hueso tipo D1 este tiempo era de 4 meses, para el D2 4 meses y 2 de carga progresiva, para D3 10 meses y para el D4 12 meses<sup>[31]</sup>.



Uno de los requisitos más importantes para conseguir la osteointegración era, en la literatura del siglo anterior, dejar los implantes libres de carga durante un periodo de 3 a 6 meses, lo que convierte el tratamiento con implantes en una solución a muy largo plazo.

Factores que pueden influir en la osteointegración:

El uso de implantes orales en la rehabilitación de pacientes parcial o totalmente edéntulos es ampliamente aceptado, aunque existen fracasos.

#### *Factores locales y sistémicos*

Respecto al fracaso de los implantes dentales, existe mucha literatura que lo relaciona con problemas sistémicos; diabetes mellitus, osteoporosis etc <sup>[216]</sup>.

Con respecto a los resultados obtenidos en relación al fracaso de los implantes dentales y la edad, se ha postulado que se genera un menor aporte sanguíneo y una disminución en las células de los pacientes mayores, que podrían alterar la aposición de hueso; pero los resultados de los estudios no son concluyentes ni muestran diferencias significativas. Tampoco en cuanto a la hipertensión <sup>[33]</sup>.

El tratamiento de implantes, como en todo acto médico, debe de partir de la revisión de la información del historial médico e identificar cualquier posible contraindicación, anticipándose a los problemas antes de que se presenten <sup>[195]</sup>.

Lekholm publica en 2003 un estudio de carga inmediata y temprana en pacientes de riesgo <sup>[9]</sup>.

En cuanto a los factores de riesgo sistémicos, aparte del tabaquismo ya comentado, el autor considera que la edad y el sexo no representan un problema en cuanto a los protocolos de carga inmediata; aunque recuerda que en pacientes de edad avanzada hay mayor riesgo de complicaciones y la cicatrización es más lenta. También recomienda evitar la colocación de implantes en pacientes en crecimiento.

En pacientes que se han sometido a irradiación de cabeza y cuello es preferible seguir un protocolo de carga diferida, considerando incluso, en algunas ocasiones, esperar un tiempo de cicatrización alargado <sup>[305]</sup>.

La observación que los factores individuales no demuestran por qué algunos pacientes desarrollan la pérdida de implantes; lo que orienta a que la osteointegración, es un proceso multifactorial complejo <sup>[37]</sup>.

A pesar de los estudios, el exacto número, identidad, y rol de factores reguladores que condicionen el éxito de la osteointegración y su mantenimiento son todavía bastante desconocidos <sup>[38]</sup>.

El aumento de la calidad y la esperanza de vida de los pacientes VIH/SIDA, ha hecho que la solicitud de tratamiento estético dental se haya incrementado significativamente en estos pacientes, considerándose actualmente las prótesis implantosoportadas como una opción terapéutica válida.

En la colocación de implantes dentales en estos pacientes, no parece existir una relación clara entre el fracaso terapéutico (la no osteointegración del implante) y la infección local crónica derivada de la enfermedad, ni que la colocación de implantes endoóseos sea una acción que agrave la enfermedad de base de estos pacientes <sup>[40]</sup>.

### *Factores dependientes del paciente:*

Ciertos hábitos de los pacientes tienen un efecto nocivo en la osteointegración de implantes de carga inmediata, siendo los principales el tabaquismo y los hábitos parafuncionales.

#### *Tabaquismo*

Fumar es un factor de riesgo que reduce éxito del implante y aumenta el potencial para complicaciones. Mientras el paciente esté advertido de estos riesgos, se pueden colocar los implantes <sup>[217]</sup>.

Sin embargo, varios autores como Ganeles y cols., incluyen fumadores en sus estudios sin que éstos reporten resultados negativos <sup>[49]</sup>.

Otros autores han estudiado el tabaquismo como factor de riesgo muy significativo en la tasa de fracasos de los implantes dentales <sup>[219]</sup>.

En una publicación del año 2003, Nancy E. McDermott y cols. Del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital General de Boston, Massachusetts, USA., con el propósito de identificar los tipos, frecuencias y factores de riesgo asociados con colocación de implantes dentales; formularon la hipótesis de que uno o más factores podrían ser identificados con que están asociados con un mayor riesgo de complicaciones y pueden ser modificados por el clínico para mejorar el resultado <sup>[225]</sup>.

Determinaron que fumar, el uso de implantes colocados en una sola fase quirúrgica, y los procedimientos reconstructivos derivados, se asociaron estadísticamente con un mayor riesgo de complicaciones generales.

En el año 2005, Peter K. Moy, Profesor Asociado Adjunto de Cirugía Oral Y Maxilofacial de la Facultad de Odontología de California en Los Ángeles, USA., y cols., en una publicación, mostraron razones de riesgo relativas al aumento de la edad (60-79 años) en fuerte asociación con el riesgo de fracaso de los implantes, así como el fumar <sup>[194]</sup>.

## *Hábitos parafuncionales*

En cuanto a los hábitos parafuncionales, un gran número de estudios excluyen a los pacientes bruxistas y otros que los incluyen refieren tasas de fracaso mayores que en pacientes no bruxistas.

Balshi y Wolfinger, colocaron 130 implantes en 10 pacientes, 40 de ellos cargados de forma inmediata y otros 90 sumergidos y cargados diferidamente.

Tras 18 meses de seguimiento, los índices de supervivencia fueron del 80% para los implantes cargados de forma inmediata y del 96% para los sometidos a carga diferida. Observaron también que el 75% de los fracasos ocurridos entre los primeros tuvieron lugar en pacientes bruxómanos [37]. Por ello, recomiendan que en bruxómanos es preferible someter a los implantes a una carga diferida.

Sin embargo, otros trabajos no excluyen a estos pacientes y logran buenos resultados.

La transferencia de carga es un factor primordial en el éxito de la interface hueso-implante debido a que, tanto hueso como implante, están sometidos a cierta cantidad de esfuerzo. En el caso del implante, los esfuerzos deben ser tales que se evite la fatiga del material y su posible fractura.

Por su parte, en el hueso es sabido que el sobreesfuerzo puede causar resorción, mientras que un esfuerzo muy bajo puede dar lugar a atrofia por desuso y la consecuente pérdida del hueso.

## ***IMPLANTES DE TITANIO***

### **BIOCOMPATIBILIDAD:**

El material más frecuentemente utilizado en la fabricación de los implantes dentales ha sido el titanio comercialmente puro de grado médico, debido a sus propiedades mecánicas y a que presenta una gran biocompatibilidad, es decir, la aceptación por parte de los tejidos vivos y consecuente osteointegración [326].

Constituye el material ideal para conseguir la osteointegración con éxito a largo plazo tras la carga funcional [21].

La biocompatibilidad del titanio está relacionada con las propiedades de su óxido de superficie. En contacto con el aire o el agua, el titanio rápidamente forma un espesor de óxido de 3-5nm., a temperatura ambiente.

El óxido más frecuente es el dióxido de titanio (Ti O<sub>2</sub>). Es muy resistente al ataque químico lo que hace que el titanio sea uno de los metales más resistentes a la corrosión y que contribuye a su biocompatibilidad [43].

La biocompatibilidad se caracteriza por la ausencia de corrosión y detrimento del material que puede conducir a respuestas inflamatorias indeseables, necrosis del tejido circundante o la formación de trombos por efectos de coagulación sanguínea inesperada.

Implica además que el organismo no genere respuestas inmunológicas indeseadas como el aumento en el número de anticuerpos, y que no existan fenómenos de mutación celular o aparición de células cancerígenas.

Para determinar la biocompatibilidad de un material se llevan a cabo pruebas experimentales in vitro usando cultivos celulares mediante las cuales se determina la toxicidad y solubilidad del material. Y en in vivo particularmente en modelos animales que permiten evaluar la respuesta de los tejidos vivos en presencia del material [8].

## DISEÑO Y FORMA DEL IMPLANTE

En la actualidad existen diferentes geometrías de implantes dentales pero la más difundida sigue siendo la geometría tipo tornillo o screw-type introducida por el Profesor P.I Brånemark; ya que posee una alta retención mecánica dada por el cuerpo acanalado y una gran habilidad para transferir fuerzas compresivas al tiempo que mejora la estabilidad inicial [8].

Existen diferentes tipos de implantes dentales, pero se usan mayoritariamente aquellos que tienen el cuerpo rugoso y roscado, con dimensiones que varían en promedio entre los 5,0 - 17,0mm., de largo y 3,5 – 5,0mm., de diámetro [44,45].

Sin embargo, la longitud y el diámetro óptimos necesarios para una implantación exitosa a largo plazo dependen de las condiciones de soporte del hueso residente, y los factores biológicos y mecánicos asociados. El diseño y modificación de superficie, rugosidad y topografía de los implantes influyen en las respuestas biológicas, tales como adsorción de proteínas y adhesión celular, proliferación y diferenciación <sup>[39]</sup> que junto con el protocolo de perforación utilizado en la preparación del lecho implantario, desempeñan un papel directo en el resultado del tratamiento relacionado con la preservación el hueso <sup>[46]</sup>.

### *Tratamiento de superficie del implante*

La efectividad de la osteointegración se rige por las interacciones que ocurren en la capa más externa de la superficie por lo tanto, la modificación de la superficie de los implantes podría ayudar a mejorar su integración con el tejido circundante <sup>[327]</sup>.

En este sentido la actividad industrial ha sido muy activa en la búsqueda de modificaciones de la superficie de los implantes enfocadas a obtener un aumento del espesor y de la cristalinidad de la capa superficial de óxido de titanio, ya que algunos estudios sugieren una relación entre el incremento del espesor y/o cristalinidad de la capa de óxido y mayor adsorción de proteínas a la superficie, mayor diferenciación y crecimiento de los osteoblastos; y mayor osteointegración de implantes tratados <sup>[321]</sup>.

La superficie del implante está directamente relacionada con la formación y estabilidad del hueso circundante. La microtopografía del implante desempeña un papel fundamental en el proceso de integración ósea, ya que puede aumentar significativamente el contacto hueso-implante, incrementando la fuerza de adhesión al hueso, además de facilitar un crecimiento más rápido <sup>[329]</sup>. Las superficies implantarias actuales permiten la disminución de los tiempos de carga. Las técnicas de sustracción han demostrado estas posibilidades con una rugosidad superficial para su aplicación en protocolos de carga precoz e inmediata <sup>[309]</sup>.

En un estudio del año 2004, se comentaba que había una tendencia hacia el uso del procedimiento quirúrgico no sumergido de una etapa junto con el protocolo de carga

inmediata. Sin embargo, para que sea una modalidad de tratamiento predecible en el hueso de baja densidad, se deben hacer consideraciones para acomodar cambios de diseño de rugosidad que optimicen estabilidad inicial y maximizar la preservación del hueso cortical crestal [310].

En un meta análisis concluyen que hubo menos pérdida ósea marginal en los implantes con superficie rugosa y cuello con micro-roscas que en los implantes de cuello maquinado [311].

Albrektsson y cols., concluyen en un estudio que las superficies moderadamente rugosas presentan ligeras ventajas sobre las maquinadas o más rugosas [255].

El recubrimiento con plasma de titanio e hidroxiapatita fueron métodos comunes para modificar la rugosidad de la superficie. Más recientemente, el chorreado con partículas (ej. alúmina, óxido de titanio) de diferentes diámetros y el grabado ácido (ej. clorhídrico, sulfúrico, nítrico) son otros procesos que pueden incrementar la superficie rugosa de los implantes [43].

En diversos estudios comparando diferentes superficies de fabricantes de implantes dentales, teniendo en cuenta la posible parcialidad de los autores, no aparecen diferencias significativas [322]. Aunque si puede ser importante el que la superficie esté libre de contaminantes.

En un reciente meta análisis el Dr. Marco Espósito, no encuentra diferencia entre los implantes con diferentes preparaciones de la superficie. No hay evidencia sólida para demostrar que algún tipo particular de implante dental tiene tasas superiores de éxito a largo plazo [223,312].

Implantes con superficie lisa o mecanizada:

El prototipo de los implantes con esta superficie fue el desarrollado por el grupo sueco de la Universidad de Gotemburgo, liderado por el Profesor Brånemark.

Aunque su superficie se consideraba lisa, sin embargo el proceso de fresado y pulido creaba algunas irregularidades mínimas que le daban cierto carácter de rugosidad de 0,5-1 micras en su superficie, por lo que se aceptaba más el término de mecanizada [43].

Implantes con recubrimiento de plasma de titanio (titanium plasma-spray, TPS)

La superficie recubierta con plasma de titanio incrementa la superficie de contacto hueso-implante y puede estimular la osteogénesis por mecanismos de adhesión celular, además de aumentar la resistencia a las cargas funcionales convencionales, a la tracción y cizallamiento.

Un estudio español evalúa los resultados clínicos de la utilización de 155 implantes no sumergidos recubiertos de plasma de titanio en 73 pacientes con pérdida dental unitaria, parcial y total, demostrando un éxito del 95%, con un seguimiento medio de 39,6 meses [43].

Una desventaja del recubrimiento con plasma de titanio es su posible despegamiento después de la inserción del implante, sobre todo en hueso denso.

Algunos autores refieren que observaron que los implantes con superficie mecanizada cargados de forma inmediata tienen un índice de éxito menor frente a implantes con superficies TPS (Titanium Plasma-Spray) / SLA (Sandblasted Large grit and Acid etched). Sin embargo, y a pesar de las ventajas enunciadas, numerosos estudios realizados en animales y humanos no han mostrado diferencias en los resultados cuando se han comparado diferentes superficies [49,313].

Implantes con recubrimiento de hidroxiapatita.

La hidroxiapatita ha sido utilizada para incrementar la rugosidad de la superficie de los implantes de forma similar a la de TPS (Titanium Plasma-Spray), buscando mayor adhesión osteoblástica y proliferación de la matriz extracelular que mejore la unión hueso-implante.

Se ha demostrado su eficacia clínica en diversos estudios realizados, aunque a largo plazo no existen diferencias entre implantes con superficie recubierta con hidroxiapatita y superficie mecanizada. Además estos implantes con hidroxiapatita presentan otra importante desventaja que es su potencial contaminación y posible reacción inflamatoria



del tejido óseo adyacente debido a su dehiscencia o desprendimiento de la superficie del implante <sup>[314]</sup>.

Implantes con superficie rugosa por sustracción de material

Las diferentes superficies de los implantes se tratan con chorreado de sílice, aluminio, etc., y ácidos (clorhídrico, nítrico, sulfúrico) que provocan diversos grados de rugosimetría, manifestadas por surcos, cavidades o hendiduras con el objetivo de lograr una superficie más biocompatible y que mejore su unión con el hueso del paciente.

En un estudio del Dr. Eugenio Velasco, los resultados indican que los implantes osteointegrados con superficie grabada con ácidos pueden ser utilizados con éxito y cargados precozmente para la restauración protodóncica de los pacientes con pérdida dental <sup>[328]</sup>.

La experiencia clínica demuestra que los implantes con superficie rugosa por sustracción aumentan las expectativas de éxito de los pacientes y han mejorado su eficacia en situaciones clínicas más adversas (área posterior del maxilar superior, ensanchamiento o expansión de crestas alveolares estrechas) y han impulsado con nuevos diseños macroscópicos; los protocolos de carga precoz e inmediata en el tratamiento de los pacientes con edentulismo unitario o total <sup>[43]</sup>.

Respecto al tamaño de las microrugosidades, varían según los fabricantes. Suelen ser poros u orificios de pocas micras. Las células óseas miden 12-15µm.

Implantes con chorreado y grabado ácido (sand-blasted and acid-etched surface, SLA)

Según Shivata, aunque la superficie del implante de titanio permite una capacidad de unión biológica a través de la capa que comprende los fluidos o proteínas, la debilidad de la capa proteica necesita estabilizarse aún más mediante enclavamiento mecánico a microescala <sup>[315]</sup>.

Las superficies de implantes ásperas o porosas proporcionan propiedades biomecánicas mejoradas debido a la maximización del área de contacto entre el hueso recién formado y la superficie del implante.

Este tipo de superficie incluye en la misma superficie dos técnicas de tratamiento, el chorreado de arena y posteriormente el grabado ácido <sup>[317]</sup>.

Un estudio prospectivo multicéntrico internacional valora los resultados clínicos de la utilización de 326 implantes de esta superficie seguidos más de un año <sup>[43]</sup>. 138 implantes se siguieron durante 2 años. La carga funcional se realizó a las 6 semanas (hueso tipos I - III) y 12 semanas (hueso tipo IV). La tasa de éxito fue del 99% a los 12 y 24 meses.

Otro estudio similar presenta un éxito del 99% después del seguimiento de 3 años en 104 implantes, de los que 89 fueron insertados en la zona posterior de la mandíbula y 15 en la zona posterior del maxilar <sup>[43]</sup>.

Este tipo de implantes con chorreado de arena y grabado ácido ha mostrado también buenos resultados (éxito del 97,8%) en implantes insertados con elevación del seno maxilar, con un año de seguimiento clínico, donde se trataron 41 pacientes con 183 implantes <sup>[43]</sup>. Así mismo, estos implantes han sido utilizados en la técnica de elevación sinusal atraumática con osteótomos y sin material de injerto <sup>[43]</sup>.

Se trataron 17 pacientes con 25 implantes, siendo la mayoría (84%) de 10mm.

El hueso disponible era de aproximadamente 5mm., de altura de media.

A los 3 meses se insertaron los aditamentos protésicos para su carga funcional con un torque de 35Ncm.

Después de un año de seguimiento, todos los implantes estaban estables y todos mostraban una ganancia de hueso intrasinusal de alrededor de 2,5mm., de media.

Un estudio relata que la nueva superficie bioactiva presentaba mayores valores de contacto hueso-implante que la convencional a las 2 semanas (49,3% vs 29,4%) y a las 4 semanas (81,9% vs 66,5%) <sup>[43]</sup>.

Las dos superficies mostraron resultados similares a las 8 semanas (78,4% vs 75,4%), momento en que se observa el comienzo de la remodelación ósea.

Estos hallazgos demostrarían que la superficie bioactiva favorece la formación de hueso durante las primeras etapas de la regeneración ósea.

Otro estudio *in vivo* realizado en perros, valora no solo histológica sino inmunohistoquímicamente, la respuesta ósea temprana sobre la superficie bioactiva para conocer la adhesión de las proteínas a la superficie del implante, además de la diferenciación de células osteogénicas y osteoblastos que es importante para la osteointegración<sup>[43]</sup>.

Cuatro meses después de las extracciones dentales se insertaron implantes de esta superficie y otros con superficie bioactiva bilateralmente en el maxilar y la mandíbula de los animales.

Se obtuvieron muestras a los 1, 4, 7 y 14 días de cicatrización. Después de 14 días el hueso reticular más maduro y bien estructurado estaba más presente en la superficie bioactiva.

Un estudio valora la estabilidad primaria de estos implantes en 31 pacientes. 62 implantes fueron insertados, 1 en cada paciente con esta superficie y otro con superficie bioactiva. 50 de los 62 implantes se insertaron en la mandíbula (80,6%) y el resto en el maxilar superior<sup>[43]</sup>.

A las 6 semanas se valoró la estabilidad mediante frecuencia de resonancia. Todos los implantes tuvieron éxito y estaban preparados para su carga funcional.

Una de las claves de su éxito es la estabilidad mecánica, entendida como el control del micromovimiento en la interfase hueso-implante, ante la aplicación de las fuerzas masticatorias. El análisis de frecuencia de resonancia es un método utilizado para determinar la rigidez de esa interfase y en consecuencia de la estabilidad del implante. El objetivo de este estudio es presentar un método de determinación de la frecuencia de resonancia del implante dental dentro del hueso de soporte basado en el análisis de armónicos, al golpear el implante y recoger y procesar el sonido resultante.

No hubo diferencias en la estabilidad en el momento de la inserción entre los implantes de esta superficie y la bioactiva (63,7 vs 61,7) ni a las 6 semanas (61,3 vs 61,8).

A las 2 semanas hubo un descenso mínimo en el nivel de estabilidad (61,2 vs 59,4) relacionado con cierto grado de reabsorción en el metabolismo óseo.

Un estudio multicéntrico prospectivo presenta los resultados clínicos a 1 año de implantes con superficie bioactiva en sectores posteriores maxilares y mandibulares. 266 pacientes edéntulos parciales fueron tratados con 383 implantes, 197 con carga inmediata y 186 con carga precoz.<sup>[43]</sup> Después de un seguimiento de 12 meses, 10 implantes fracasaron, 4 en el grupo de carga inmediata y 6 en el de carga precoz, lo que indica un éxito del 98% y 97%, respectivamente. No hubo ningún fracaso entre los implantes insertados en el hueso tipo IV.

Continuamente se publican artículos con el objetivo de evaluar una nueva superficie de implante dental compatible biológicamente y que aumente la respuesta celular de osteoblastos para estimular el proceso de diferenciación del tejido óseo, pudiendo llevar a una mayor y mejor respuesta de osteointegración de estas superficies<sup>[316]</sup>.

En el 2017, Marcelo M. Novellino, del Departamento de Prostodoncia de la Escuela de Odontología de la Universidad de São Paulo, Brasil, y cols., presentan un ensayo clínico aleatorizado fue evaluar el cociente de estabilidad de frecuencia de resonancia de implantes con diseños similares, tratados con 2 superficies, grabado al ácido con chorro de arena y otra superficie hidrofílica, dentro de las primeras 16 semanas de curación<sup>[317]</sup>. Incluyeron un total de 21 pacientes no fumadores a los que se les realizó la planificación con el software Dental Slice.

En este estudio se pretendía demostrar que las modificaciones químicas de la superficie del implante dental que mejoran la humectabilidad dan como resultado una osteointegración más rápida y mejor.

Según el estudio, los implantes con superficies hidrofílicas se osteointegran más rápido. Afirman que la ganancia de estabilidad de los implantes con superficies hidrofílicas es 2,24 veces más rápida y que el otro grupo, y que también es posible concluir que el dispositivo Ostell es un método efectivo para evaluar la osteointegración de los implantes.

Implantes tratados con zirconio

En general, en el tratamiento de superficie con blastinizado, arenado o chorreado de los implantes de titanio, se utilizan partículas de óxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), sílice (SiO<sub>2</sub>) y alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) de distintos tamaños y formas.

El mayor inconveniente que genera el uso de estas partículas es que parte de las mismas permanecen adheridas a la superficie luego del tratamiento y limpieza del implante.

Algunos estudios han demostrado que la liberación de estas partículas no biocompatibles provocan una reacción adversa en el huésped <sup>[323]</sup>.

Por esta razón, se han empezado a utilizar partículas biocompatibles, como el zirconio.

#### Implantes con superficie Ti-Unite

TiUnite es la superficie actual anunciada por NobelBiocare. Agregan un elemento osteoconductor a los implantes. Es óxido de titanio enriquecido con fosfato altamente cristalino caracterizado por una superficie micro estructurada con poros abiertos en el bajo rango micrométrico. La superficie se genera por anodización <sup>[319]</sup>.

La anodización es un proceso electroquímico de formación de capas de óxido en la superficie del metal. Este proceso de anodización tendrá unas propiedades beneficiosas para los implantes, como la limpieza de residuos tanto orgánicos como inorgánicos de la superficie del biomaterial, mejora de la resistencia a la corrosión del implante, disminución de la liberación de iones del titanio al medio fisiológico, aumento de la dureza superficial, así como de la resistencia al desgaste.

Georg Watzak, en el 2006, presenta los datos de un estudio radiológico retrospectivo y estudio clínico de implantes mandibulares interforaminales <sup>[330]</sup>.

Compraba los resultados de seguimiento de implantes maquinados y anodizados cargados durante 33 meses. Había menor pérdida ósea periimplantar en los implantes anodizados.

En otro estudio con implantes anodizados, tras la colocación de 1592 implantes, con protocolos de cirugía en dos etapas con injertos óseos en la zona posterior de la mandíbula con historial de periodontitis, aumentó el riesgo de problemas inflamatorios tempranos después de la cirugía, con mayor riesgo para pacientes de mediana edad <sup>[331]</sup>.

Algunos estudios han encontrado que, en general, con superficie rugosa los implantes promueven una mayor acumulación de placa y pérdida ósea posterior a los implantes de superficie mecanizada <sup>[318]</sup>.

Las bacterias se presentan bajo distintas formas, siendo las más habituales los cocos, estreptococos, bacilos, espirilos, vibrios, razón por la que su tamaño puede variar groseramente entre los 0,1 y los 5 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) <sup>[324]</sup>.

## TÉCNICA QUIRÚRGICA

### Técnica quirúrgica original en dos etapas

En la Técnica original de dos fases, tras haberse producido la osteointegración se realiza la 2ª etapa quirúrgica, en la que se desenrosca y retira el tornillo de cobertura y se enrosca el pilar de cicatrización, cuya función es prolongar el cuerpo del implante sobre los tejidos blandos, y permitir la unión de la mucosa gingival, dando así lugar al sellado gingival. Los tejidos blandos se conforman alrededor del pilar con una anatomía similar a la de la restauración final, logrando así el perfil de emergencia deseado desde la cabeza del implante.

En general, esta técnica se conoce como técnica de dos etapas debido a que se requieren dos intervenciones quirúrgicas para finalizar la colocación de la prótesis.

En la primera intervención, se realiza la inserción del implante y se cubre con el epitelio. El uso de esta técnica favorece la cicatrización de la herida aislando al implante y reduciendo con ello el riesgo de contaminación bacteriana.

En la segunda intervención, se retira el epitelio para descubrir la región cortical del implante y colocar el pilar protésico y la prótesis.

En el protocolo original del Profesor Brånemark y cols., el paciente totalmente desdentado que recibía tratamiento con implantes dentales debía de estar durante el postoperatorio durante 10-15 días sin dentadura; libre de carga masticatoria directa sobre los implantes, para no interferir con la cicatrización de los tejidos blandos.

Luego había que esperar a la completa osteointegración de los implantes durante un período de meses con su antigua prótesis removible antes de recibir la prótesis final.

Tras su colocación, los implantes eran recubiertos por la mucosa; por lo que se les nombra o denomina como implantes sumergidos.

Se buscaba el recubrimiento de los implantes con tejido blando para prevenir la infección y la invasión de la interface hueso-implante por tejido epitelial.

La intención del tiempo de espera era favorecer el proceso de osteointegración.

Posteriormente, tras un periodo comprendido entre 3 y 6 meses tras la primera cirugía, se realizaba la incisión de la mucosa que recubría cada implante y a cada implante se le

conectaba un pilar transmucoso. Esta técnica se la conoce como “implantes en dos fases quirúrgicas” [4]. A continuación, se realizaba la restauración protésica encima de los pilares. Por ello, la aplicación de la carga masticatoria directa sobre los implantes, se realizaba entre 4 y 8 meses después de su colocación.

Con el tiempo y la mejora de las superficies de los implantes para mejorar la acción de la osteointegración, los implantes dentarios eran cargados solamente tras una fase inicial de cicatrización, que usualmente oscilaba entre tres y seis meses. [321].

Es comprensible que los investigadores ensayaran nuevos protocolos para ofrecer al paciente una actuación terapéutica más rápida y cómoda, acortando y simplificando el tratamiento con implantes [325].

### Función inmediata

Desde los comienzos de la implantología se ha intentado disminuir al máximo el tiempo necesario para cargar los implantes y así poder hacerlos funcionales, objetivo principal de los mismos. Se intenta disminuir estos periodos, fabricando nuevas superficies de implantes, nuevas técnicas, y nuevos diseños de implantes [29,32].

Un paso de modificación exitosa del protocolo original fue el utilizar implantes no sumergidos ósea colocando los pilares y un protector en una sola fase quirúrgica en la que el implante se coloca junto con el pilar protésico e incluso la prótesis dental durante una única cirugía en la cual no se realiza el recubrimiento epitelial.

No obstante, esta técnica, que apareció después, creaba dudas y las sigue creando entre los implantólogos debido a los problemas de contaminación bacteriana que se presentan durante la cicatrización como consecuencia de la ausencia de aislamiento epitelial y al posible aumento de interferencia en el tejido en formación por acción de los micromovimientos causados por el uso temprano de la prótesis.

Es importante evaluar las necesidades del paciente y determinar el espesor gingival antes de la cirugía de implantes. Manteniendo estas consideraciones en mente ayudará al clínico



a estabilizar los resultados estéticos, garantizar la salud periodontal y lograr la satisfacción del paciente [340].

La carga inmediata con prótesis totales fijas sobre los implantes ha cobrado especial interés en pacientes que no desean pasar por un periodo de portar una prótesis total removible, aunque sea en forma transitoria [24].

Los largos periodos de cicatrización descritos inicialmente, ha llevado a investigadores y clínicos, a desarrollar procedimientos que requieren menor período de tiempo de espera, entre la fase quirúrgica y protésica, sin sacrificar la perfección requerida para alcanzar las expectativas del paciente y el éxito del tratamiento [24].

El tratamiento con prótesis fijas sobre implantes realizado en la misma sesión operatoria mediante protocolos de carga inmediata, representa una alternativa con éxito para los pacientes edéntulos porque reduce significativamente el tiempo de tratamiento y mejora notablemente su calidad de vida, con un impacto funcional, estético y psicológico muy positivo [29,562-568]. El aspecto principal es el carácter de inmediatez de este tratamiento implantológico [7].

La situación anatómica es un elemento fundamental, si se piensa en carga inmediata, pues las características morfológicas e histológicas del maxilar y la mandíbula son bien distintas, convirtiendo a esta última en una región bastante favorable [309].

En un estudio concluyen que el protocolo de carga de implantes inmediato tiene una tasa de éxito clínico altamente aceptable en la mandíbula inferior parcialmente edéntula, aunque la tasa de supervivencia del implante es ligeramente inferior al protocolo de carga convencional [320].

El objetivo casi siempre pretende acortar los tiempos de carga de los implantes sumergidos. Sin embargo, ¿es correcta esta práctica?, o en realidad, ¿responde solamente a criterios de inquietud e inmediatez, antes que a principios fundamentados en la biología de la cicatrización y remodelación ósea periimplantarias? Para responder a estos interrogantes, es preciso apoyarse en las bases biológicas subyacentes al proceso de osteointegración [4].

Así, Degidi y cols., y Neugebauer y cols., aseguran que la carga inmediata estimula la remodelación y neoformación ósea en la interface hueso-implante, mientras que Romanos y cols., añaden que se produce un mayor contacto en esta interface, incluso en zonas de hueso pobre <sup>[332]</sup>.

En esta misma línea, Nkenke y cols., confirman que la carga inmediata no afecta la aposición ósea, Meyer y cols., apuntan que tampoco se afecta la interface hueso-implante ni la fisiología de los osteoblastos, los cuales sólo necesitan unas horas para adherirse a la superficie del implante según Joos y cols <sup>[332]</sup>.

Ericsson, en un ensayo sobre implantes unitarios en posiciones anteriores a los molares comparaba un grupo de 14 pacientes frente a otro control del 8. No tuvo fracasos utilizando implantes de al menos 13mm., de longitud y 3,75mm., de diámetro <sup>[282]</sup>.

Por otra parte, según un artículo basado en un metaanálisis, se advierte que la carga inmediata puede imponer un mayor riesgo de fracaso del implante en comparación a la carga convencional, aunque las tasas de supervivencia fueron altas para ambos grupos <sup>[334]</sup>. Los implantes colocados inmediatamente, sin embargo, mostraron una clara ventaja en términos de preferencia del paciente, debido a la función inmediata.

#### *Definiciones:*

Los protocolos de carga se consideraron durante una reunión de consenso celebrada en un congreso en Barcelona, España, en 2002, se acordaron las siguientes definiciones para la carga de implantes por Aparicio y cols. <sup>[335]</sup>:

Carga inmediata: la prótesis se acopla a los implantes en el mismo día en que se colocan.

Carga temprana: la prótesis se coloca en un segundo procedimiento, antes que se cumpla el periodo para la curación convencional de 3 a 6 meses. El tiempo de carga debe establecerse en días / semanas.

Carga convencional: la prótesis se instala sobre los implantes en un segundo procedimiento de 3 a 6 meses después de colocar los implantes.

Carga retrasada: la prótesis se sitúa en un segundo procedimiento más tarde que el convencional de 3 a 6 meses.

Para la mandíbula edéntula, la literatura apoya la carga inmediata de implantes microrrugosos con prótesis fijas o sobredentaduras <sup>[336]</sup>.

En este sentido, en un artículo se afirma que dos implantes inmediatamente cargados que sostienen una sobredentadura mandibular retenida por bolas presentan mayor resorción ósea más marginal y mayores profundidades de sondeo en comparación con implantes cargados convencionalmente después de 3 años <sup>[337]</sup>.

Carga masticatoria

Es importante diferenciar el concepto de carga oclusal inmediata o carga funcional inmediata, del concepto de carga no funcional inmediata o carga estética. El primero hace referencia a la colocación de la prótesis sometida a fuerzas oclusales normales para ese paciente y que se transmiten directamente sobre el implante/pilar, mientras que en la carga estética la restauración se deja en mínima oclusión o anoclusión.

## *CRONOLOGÍA*

En 1979 Ledermann fue el primero en publicar un estudio de implantes sometidos a carga inmediata <sup>[309]</sup>. Utilizó fijaciones de superficie TPS (con superficie chorreada con plasma de titanio), colocados a nivel intermentoniano, con anclaje bicortical y que soportarían una sobredentadura <sup>[30]</sup>. Hizo un seguimiento a 81 meses de 476 implantes en 138 pacientes. La supervivencia fue del 91,2%. Se perdieron 42 implantes; 34 implantes durante el primer año, lo que supuso el 81% de los fracasos <sup>[29]</sup>.

En 1983 Schroeder, quién había introducido el concepto de anquilosis funcional, publica un estudio de 4 implantes de función inmediata con 17 meses de seguimiento, en el que, con el mismo tipo de pacientes que Ledermann, refiere un 98,1% de éxito <sup>[29,309]</sup>.

El primer trabajo de función inmediata sobre implantes Brånemark System® fue publicado por Schnitman y cols., en 1990 [29]. Se colocaban 7 implantes para tratar la mandíbula desdentada, 5 de ellos entre forámenes y 2 distales.

Los 10 pacientes tratados fueron seguidos durante 10 años y el resultado del estudio muestra un éxito acumulado del 85,7% [29].

En 1993, Dietrich y cols., publican un trabajo de un estudio comparativo entre carga inmediata y retardada con implantes con superficie chorreada con plasma de titanio cargados de forma inmediata e implantes IMZ® (Friatec, Mannheim, Alemania) cargados en una segunda fase.

Tras un seguimiento de 6 meses el éxito fue similar para ambos tipos de superficies: 92,5% para los de superficie chorreada con plasma de titanio y 99,3% para los IMZ®, a los 5 años el éxito para los TPS fue del 86,3% frente al 94,6% para los IMZ® [29,309].

Otro tipo de superficies como el zirconio fue estudiado por Akagawa y cols. (10) en 1993, no encontrando diferencias clínicas claras entre los implantes sometidos a carga precoz y sin carga [29].

Henry y Rosenberg publicaron en 1994 un estudio que podría clasificarse dentro de la función inmediata [29]. Se trataba de 5 pacientes con un total de 60 implantes entre forámenes mentonianos.

Tras la cirugía, se colocó una sobredentadura sobre 4 implantes y a las siete semanas se atornilló una prótesis fija. A los dos años la prótesis fue substituida por otra con extensiones distales. El resultado del estudio muestra un éxito acumulado del 100% [29].

Posteriormente, Tarnow y cols., colocaron en 10 pacientes desdentados en el maxilar inferior un mínimo de 10 implantes de varios tipos, de longitudes iguales o mayores a 10mm [29]. El método utilizado para evaluar la estabilidad de los implantes fue el Periotest®. Los períodos de observación oscilaron entre 1 y 5 años. El resultado del estudio muestra un éxito acumulado del 97,4%.

Salama y cols., en 1994 utilizaron implantes 3i® (3i, Palm Beach Gardens, Florida) y Brånemark® sometidos a carga inmediata y retardada indistintamente.

No encontraron diferencias de éxito entre los dos tipos carga <sup>[29]</sup>.

Balshi y Wolfinger publicaron en 1997 publican un estudio sobre 13 pacientes en el que colocan 10 implantes Brånemark de al menos 7mm., de longitud en la mandíbula de cada uno de ellos. De estos implantes, 40 (4 por paciente) se cargan tras la cirugía para soportar una prótesis transicional fija <sup>[29]</sup>.

Con este protocolo tan sólo consiguen un 80% de éxito, mientras que esta tasa se eleva al 95,6% en los cargados según protocolo convencional.

También en el año 1997, Chiapasco y cols., publicaron los resultados de aplicar función inmediata con 904 implantes, en 226 pacientes desdentados mandibulares <sup>[283]</sup>.

Colocaban cuatro implantes de al menos 10mm., de longitud y con anclaje bicortical en sínfisis mandibular para cargarlos con una sobredentadura sobre barra de oro.

Realizaron un seguimiento de 194 de los 226 pacientes tratados que variaba entre los 2 y 13 años, logrando un 96,9% de éxito, sin diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tipos de implantes. Tras el estudio se recomienda el uso de implantes de longitud mayor de 14mm., y diámetro 4mm. <sup>[309]</sup>.

Randow y cols., en 1999 utilizaron implantes Brånemark<sup>®</sup> con anclaje bicortical, obteniendo iguales resultados de éxito para carga inmediata como retardada. Observaron que la pérdida de hueso a nivel de las primeras espiras del implante fue mayor en los implantes sometidos a carga retardada que en los que se cargaron de forma inmediata <sup>[29]</sup>.

En el año 2000, Horiuchi y cols., <sup>[262]</sup> publican los resultados de un estudio de 140 implantes de carga inmediata con seguimiento de 8 a 24 meses <sup>[29]</sup>.

Se intervinieron 12 mandíbulas y 5 maxilares, en los que se colocaron implantes Brånemark con un torque de inserción de al menos 40Ncm., sobre los que se colocaba una prótesis fija provisional inmediata de resina con un refuerzo interno de cromo-cobalto. Refieren un 95,5% de éxito en el maxilar y un 97,9% en la mandíbula.

En un seguimiento y resultados favorables tras la carga protética de 279 implantes (98,56% de éxito), corroboran que la carga precoz puede y debe ser aplicada, tras una minuciosa planificación y selección de los casos <sup>[342]</sup>.

En 2006, Jose María Martínez González y cols., profesores de la Universidad Complutense, analizan el comportamiento tanto clínico como radiológico de ochentas implantes con una nueva superficie tratada mediante una disolución de ácido sulfúrico y fluorhídrico con posterior tratamiento térmico, sometidos a carga inmediata en 20 pacientes rehabilitados con sobredentaduras inferiores, soportadas sobre cuatro implantes de 13 milímetros de longitud <sup>[309]</sup>. Concluyen que la rehabilitación mediante sobredentaduras inferiores es una opción predecible de resultados excelentes; sobre todo en pacientes en que más que el factor estético, el objetivo fundamental es el de conseguir una estabilidad mayor de la prótesis <sup>[309]</sup>.

En 2009, Villablanca y cols., analizan estadísticamente la tasa de éxito y el tipo de rehabilitación sobre implantes realizados con carga diferida e inmediata, en una muestra de 202 pacientes tratados en el Magister de Rehabilitación Oral dictado por la Facultad de Odontología de la Universidad Andrés Bello, en el periodo 2005-2007 <sup>[29]</sup>.

Los resultados muestran un 2% de fracaso en carga diferida y un 4% en carga inmediata. Dicho análisis demostró que no existe diferencia estadísticamente significativa para los valores encontrados en carga diferida e inmediata, con relación a la tasa de éxito. Además, las variables sexo y edad, no son determinantes de éxito y fracaso en los tratamientos en base a implantes osteointegrados.

Por lo tanto, un acabado examen físico, un acertado diagnóstico y una correcta planificación de tratamiento, sumada a rigurosos protocolos quirúrgicos y protésicos, permiten asegurar elevadas tasas de éxito sin distinción entre tratamientos realizados con carga diferida e inmediata <sup>[24]</sup>.

Un estudio italiano evalúa el tratamiento de 41 pacientes con edentulismo total maxilar y/o mandibular con 343 implantes. 23 casos mandibulares y 26 maxilares con la carga funcional máximo a las 48 horas mediante una prótesis fija provisional de resina reforzada o una prótesis definitiva (metal-resina o metal cerámica) <sup>[43]</sup>.

Todos los pacientes fueron seguidos durante un periodo de 12-74 meses con un éxito del 99%.

Un estudio prospectivo multicéntrico italiano confirma estos resultados al valorar los hallazgos clínicos del tratamiento con 325 implantes en 62 pacientes edéntulos mandibulares. El protocolo consistió en la inserción de 5-6 implantes por paciente y una prótesis híbrida provisional a las 4 horas de la cirugía y la definitiva a los 6 meses.

El éxito fue del 99% en un periodo de seguimiento entre 12-60 meses (media de 28,6 meses) [43].

### *VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA CARGA INMEDIATA*

Tiempo: probablemente esta sea la principal ventaja de la carga inmediata de los implantes, se reduce entre unos tres y seis meses el tiempo transcurrido desde la colocación de las fijaciones hasta su puesta en función [344].

Satisfacción del paciente: el edentulismo total o parcial supone en la mayoría de los casos una afectación psicológica del paciente.

Por otra parte, la inestabilidad de las prótesis transicionales convencionales suele resultar incómoda, por lo que la colocación de una prótesis inmediata implantosoportada supone un gran confort y satisfacción para el paciente.

Economía: son varios los autores que consideran que la carga inmediata no supone un coste adicional para el paciente o incluso resulta más económico; otros autores como Attard y cols., aseguran que el protocolo de carga inmediata no abarata costes para el paciente [29].

Riesgo: el hecho de cargar los implantes sin haberse producido la osteointegración determina una evidente situación de riesgo añadido; sobre todo en pacientes con factores biológicos de riesgo (diabéticos mal controlados, osteopatías, radiados, fumadores, etc.), o pacientes con maloclusiones o parafunciones masticatorias, en las que los implantes puedan verse sobrecargados.

## ***TÉCNICAS COMPLEJAS PARA CONSEGUIR AUMENTO ÓSEO QUE SE PUEDEN EVITAR CON LA CIRUGÍA GUIADA:***

Las técnicas de regeneración ósea guiada pueden ayudarnos a recuperar parte de la estructura ósea perdida <sup>[447]</sup>.

### **ELEVACIÓN DEL SENO MAXILAR**

El seno maxilar es el más grande de los senos paranasales. Sus funciones son la evacuación durante la inspiración por medio de corrientes aéreas que discurren de forma espiroidea en el interior de los senos; calentamiento del aire, resonancia de la voz en la fonación, función defensiva antibacteriana ya que su secreción mucosa contiene lisozima y función neumática que alivia el peso del cráneo y lo protege frente a los golpes.

Está tapizado por la membrana de Schneider, mucosa de epitelio respiratorio. Existe gran actividad osteoclástica, que se activa al desaparecer la dentición posterior, dando como resultado el aumento o neumatización del seno maxilar <sup>[5]</sup>, lo que genera el adelgazamiento del suelo del antro desde coronal hacia caudal <sup>[51]</sup>.

Estas situaciones pueden comprometer a menudo la instalación de implantes en el lugar y longitud adecuados.

Uno de los mayores retos clínicos del odontólogo ha sido realizar tratamientos específicamente en la zona posterior desdentada del maxilar superior, por sus limitaciones anatómicas <sup>[5]</sup>.

La elevación del seno maxilar es un procedimiento quirúrgico que sirve para incrementar la dimensión vertical del hueso en las porciones posterolaterales de los maxilares para posibilitar la inserción de implantes osteointegrados.

En la literatura se ha evaluado la efectividad de esta opción terapéutica, hasta el punto de ser considerado un procedimiento eficaz <sup>[52]</sup>. Mediante la aplicación de este recurso se puede lograr un adecuado lecho implantario, con buenos resultados a largo plazo <sup>[51]</sup>.



Actualmente, este procedimiento se ha convertido en la elección preimplantar más utilizada por profesionales, a la hora de mejorar las condiciones de la zona receptora del implante en zona posterior superior [5].

### *ELEVACIÓN DEL PISO DEL SENO MAXILAR*

Históricamente, el primer antecedente de antroplastia se remonta a la operación de George Cadwell y Henri Luc en 1893, en la cual se hacen dos aberturas independientes: una en la fosa canina para lograr acceso al antro y otra en la pared antronasal para el drenaje [5]. Esta técnica se indicaba para epistaxis persistente, fracturas del maxilar, dientes y fragmentos impulsados al seno, neoplasias benignas y en sinusitis maxilar crónica.

Posteriormente, en 1976, el Dr. Hill Tatum introdujo su modificación a la técnica de Cadwell - Luc para usarla en el campo de la implantología [5].

El despegamiento mucoperióstico es de espesor completo, el colgajo contendrá los vasos y nervios suborbitarios; la osteotomía de la ventana de acceso al seno maxilar se practica en la pared vestibular maxilar [62].

Se realiza normalmente mediante instrumental rotatorio de baja velocidad: contra ángulo, pieza de mano; con fresa redonda de diamante, de carburo de tungsteno o de acero, o incluso discos, o trefinas; siempre con abundante irrigación con suero salino estéril.

Recientemente se aplica empleando también bisturíes de ultrasonidos (piezocirugía) con excelentes resultados.

El diseño de la ventana puede ser rectangular, ovalado o semicircular, de unos 20mm., de longitud y 10mm., de altura; y se extiende desde el área del primer o segundo molar hasta la pared anterior del seno. Existe mucha literatura con variantes y nuevas propuestas sobre la técnica quirúrgica y los protocolos [63].

Una vez que la membrana sinusal se insinúa completamente, se procede a empujar la ventana ósea hacia el interior del seno, mediante un instrumento romo, rotando el fragmento óseo hacia apical, a través del eje de bisagra de la osteotomía superior, para que sirva como nuevo techo de la cavidad que se va a crear.

Durante todo este procedimiento hay que actuar con cuidado para no perforar la membrana sinusal, que se debe ir despegando con instrumental específico, para que acompañe al fragmento óseo en su rotación

Existe una maniobra ideada por Rosenlicht, la cual consiste en tapar la nariz al paciente y decirle que inspire profundamente, lo que nos ayudará a despegar la membrana sinusal. Si la membrana no se moviliza, puede indicar una perforación <sup>[5]</sup>.

La maniobra de Valsalva consiste en tapar la nariz del paciente e indicarle que intente espirar, y si vemos la aparición de burbujas de aire nos indica que existe una perforación de la membrana sinusal.

Una vez se ha despegado totalmente la membrana de Schneider y visualizado su integridad durante todo el proceso de despegamiento de la misma, se procede a la colocación del injerto con la inserción simultánea de implantes o no, según el caso clínico, como se vio en las opciones de tratamiento.

Previo a la inserción del material de injerto, se debe comprobar que se cuente con una buena irrigación de la zona.

En los casos en que no exista un sangrado espontáneo, se debe reavivar el interior de la cavidad sinusal para provocarlo y que favorezca la neoformación ósea. Este procedimiento se realiza mediante cucharillas curvas para rascar el suelo del seno y provocar el sangrado, o bien se realizan múltiples y pequeñas perforaciones, con fresa de acero redonda y fina, desde la cortical externa a la interna; o bien se realizan microperforaciones en la ventana ósea.

Posteriormente a esto, normalmente se adapta una membrana reabsorbible, generalmente de colágeno, al techo de la nueva cavidad sinusal, tanto si la membrana está perforada como si no, y se labran los lechos de los implantes, si es el caso, y se procede a la inserción del material de injerto.

Se suele utilizar material de relleno óseo heterólogo o sintético. Se puede emplear plasma rico en factores de crecimiento (PRGF) y, si la obtención es sencilla, sin abrir un segundo campo quirúrgico, se añade hueso autólogo [5].

Si se van a colocar implantes en el mismo acto quirúrgico, se introducirá una primera porción de injerto en la pared medial del seno, para luego colocar los implantes y terminar con más aposición de injerto en la pared lateral, hasta rellenar completamente la cavidad sinusal.

Se compacta de la manera adecuada, observando siempre que el material de injerto esté “teñido” o invadido por sangre

Se han descrito diversas modificaciones respecto al abordaje, el material de relleno, implantación en uno o dos tiempos quirúrgicos, etc. [51].

A pesar de las numerosas innovaciones referentes a sustitutos óseos, sigue siendo hasta el día de hoy, el uso de hueso autólogo, el material de elección (Gold estándar) para la corrección de defectos alveolares [65].

Según Lundgren y cols., la mera elevación de la membrana del seno maxilar y la colocación simultánea de los implantes genera la formación ósea y la osteointegración. La cantidad de la formación de hueso no parece diferir cuando se realiza la elevación de la membrana sinusal con o sin injertos óseos [56].

Riben y Thor también concuerdan con esta propuesta [57].

Una vez terminado el procedimiento quirúrgico se realiza una ortopantomografía de control y se inicia tratamiento farmacológico con: antibiótico, analgésico-antiinflamatorio no esteroideo, colutorios de clorhexidina, así como las medidas postoperatorias comunes a toda cirugía oral (frío local, dieta blanda, etcétera).

#### *CLASIFICACIÓN según la disponibilidad ósea residual Y OPCIONES TERAPÉUTICAS*

De acuerdo con la altura ósea residual, entre el piso del seno maxilar y la cresta alveolar, describiremos la siguiente clasificación terapéutica, modificada de la propuesta por Carl

Misch en 1984, según lo indicado por Lozada y Salagaray en 1993, las técnicas de Summers en 1994, el estudio de Jensen en 2002 y las conclusiones de Wallace en 2005 [5].

En 1984, el Dr. Misch realizó estudios en 385 elevaciones de suelo sinusal y utilizó hueso autólogo obteniendo una supervivencia del 98% en un periodo de 10 años [5] y realizó una clasificación del reborde alveolar residual según el espacio disponible; diferenciando en el sentido vertical:

- **Grado I.** El hueso maxilar remanente es mayor de 10mm.

Tratamiento: inserción de implantes de forma convencional sin elevación de seno.

- **Grado II.** El hueso maxilar remanente entre 8 y 10mm.

Tratamiento:

a) Colocación de implantes de diámetro ancho y longitud adecuada, sin romper la cortical sinusal.

b) Colocación de implantes con elevación atraumática o pasiva del seno maxilar (empleando osteótomos) [54]. Se utiliza el abordaje por vía alveolar, previo desprendimiento del colgajo o por técnica punch.

- **Grado III.** La altura ósea residual está comprendida entre 4 y 8mm.

Tratamiento: inserción de implantes con elevación traumática, activa o con abordaje lateral del seno maxilar en el mismo acto quirúrgico.

En este caso no puede usarse la técnica anterior (elevación atraumática o pasiva del seno maxilar), ya que la mucosa sinusal no admite elongarse más de 5mm., sin perforarse, por lo que hay que abordar el seno con el método de Tatum [55].

- **Grado IV.** El hueso maxilar remanente es menor de 4mm.

Tratamiento: elevación del seno maxilar por vía lateral e inserción diferida de los implantes en un segundo tiempo quirúrgico [5].

### *ELEVACIÓN ATRAUMÁTICA DE SENO (EAS)*

H. Tatum (1977) fue uno de los primeros autores en describir una alternativa quirúrgica para corregir una deficiencia de hueso en sector posterior del maxilar superior [5]. Describió una técnica, con la cual logra la elevación del seno maxilar a través de un abordaje transalveolar [64].

Los resultados de este tipo de intervención muestran una gran reabsorción del volumen del tejido óseo trasplantado, quedando solamente una lámina delgada de hueso sobre la porción apical de los implantes, la cual absorbe las cargas funcionales. Estas observaciones nos llevaron a distanciarnos ligeramente de la técnica clásica recientemente mencionada [66].

De modo tal que, en situaciones con defectos óseos localizados, es preferible abordar una técnica más conservadora; cubriendo solamente la porción necesaria para los implantes en el seno maxilar, a la manera de un sinus lift fisiológico, con partículas de hueso esponjoso tomado de las clásicas zonas dadoras intraorales, como son por ejemplo la región del mentón o la zona retromolar [51].

Los casos que presentan defectos menores y la estabilidad primaria inicial del implante están garantizados, basta con cubrir solamente la porción del implante emergente en la cavidad del seno maxilar con hueso autólogo que se obtiene durante la conformación del lecho implantario.

No siempre es indispensable un gran abordaje a través de la pared lateral del maxilar superior a la manera de una ventana, llenando en forma masiva el seno maxilar, así como tampoco hay la necesidad de recurrir en forma rutinaria a las zonas dadoras extraorales. A través del lecho implantario se eleva localmente la membrana de Schneider, se inserta localmente el hueso que se ha podido obtener y a continuación se enrosca el implante de modo que la porción de la punta del mismo, quede cubierto por hueso. El hueso cortical remanente, que forma el suelo del seno maxilar se eleva meticulosamente hacia coronal. Durante esta maniobra debe prestarse especial atención de no perforar la membrana sinusal. Mediante un pequeño periostotomo con extremos acodados, pero que a su vez todavía permite ser introducido a través del lecho implantario, se procede a elevar la membrana sinusal [51].

La ventaja de los implantes cónicos es que es más difícil el desplazamiento de un implante a la cavidad sinusal [50].

Es preferible evitar la maniobra de Valsalva y la utilización de injertos particulados [50].

En el 2010, George E. Romanos del Departamento de Cirugía Oral e Implantología de la Facultad de Odontología de Frankfurt, Alemania, y de la División de Periodoncia, Eastman Dental Center, Universidad de Rochester, NY, EE. UU., realiza un informe de un caso después de cinco años de implantes cargados inmediatamente colocados con el procedimiento de elevación de seno [67].

Este informe presenta la restauración de un maxilar edéntulo usando una prótesis de carga inmediata soportada por seis implantes colocado en zonas de pobre densidad ósea.

Específicamente, dos de estos implantes se insertaron simultáneamente después de una elevación de elevación de seno y aumento de la cavidad sinusal usando material de injerto de hueso autógeno. Se realizó la ventana lateral del maxilar para una elevación sinusal convencional. La pared medial fue visualizada después de una elevación cuidadosa de la membrana sinusal usando las curetas sinusoidales y luego las paredes sinusoidales se “rayaron” para permitir un suministro de sangre suficiente. El injerto de hueso autógeno, se tomó de la tuberosidad izquierda.

Las longitudes de implante seleccionadas fueron de 14mm., excepto un implante con la longitud de 11mm., todos con un diámetro de 3,5mm.

La restauración final fue entregada 4 meses después de la carga. El informe del caso presenta datos clínicos y radiográficos de evaluación de los implantes cargados de inmediato con un excelente resultado 5 años después de la carga.

Los implantes son del tipo cono morse, con cambio de plataforma, como los del trabajo. La evaluación radiográfica 5 años después de la carga mostró que no hubo pérdida ósea crestal y si, una excelente formación de hueso nuevo.

En el 2011, Bernardello Fabio con práctica privada en Legnago, Italia, y cols., realizaron un estudio multicéntrico estudio clínico retrospectivo para evaluar la tasa de supervivencia de implantes colocados en la parte posterior maxilar con una altura ósea residual de menos de 5mm [66].

Reclutaron ciento diecisiete pacientes, de 6 centros diferentes, que en total tenían 134 implantes colocados debajo del seno maxilar.

La población de pacientes consistió de 52 hombres y 65 mujeres, desde edad de 39 a 78 años (edad media, 53,2 años). Los procedimientos de elevación del seno fueron realizados siguiendo un enfoque crestal, usando una secuencia específica de fresas.

Todos los implantes fueron sumergidos. Se obtuvieron radiografías periapicales digitalizadas. Se evaluaron los patrones de remodelación ósea.

El promedio del tiempo de seguimiento fue de 48,2 meses ( $\pm 29$ -30 meses; rango, 24 a 120 meses). De los 134 implantes originales colocados, 5 implantes (3,7%) fallaron.

La tasa de supervivencia de los implantes fue del 96,3%.

La altura promedio del hueso residual fue 3,46mm., ( $\pm 0,91$ mm.) al inicio del estudio.

La media altura de la cresta alveolar en los sitios de implantes tratados fue  $9,94 \pm 2,29$ mm.

La ganancia ósea radiográfica fue  $6,48 \pm 2,38$ mm. Por ello, la investigación sugiere que este enfoque de perforación crestal puede ser un procedimiento exitoso de levantamiento sinusal en una atrofia severa maxilar con menos de 5mm., de altura crestal de hueso.

En el 2012, Jan Fornell, Lars-Ake Johansson y cols., de la División de Odontología Protésica de la Unidad Maxilofacial en Halmstad, Suecia, estudiaron las tasas de supervivencia de los implantes colocados transalveolarmente simultáneamente en los lugares elevación del seno maxilar, comparándolas con aquellos implantes ubicados en lugares no aumentados [68].

Se inscribieron catorce pacientes consecutivos que necesitaban elevación del seno maxilar. Se usó un tornillo de titanio como indicador visual en el procedimiento quirúrgico sin colgajo. Se insertaron 21 implantes, todos con una longitud de 10mm., y un diámetro de 4,1 y 4,8mm., y se siguieron clínicamente y con tomografía durante 3, 6 y 12 meses después de la operación. Se tomaron radiografías intraorales para realizar la comparación.

Todos los pacientes recibieron prótesis definitivas entre 8 y 12 semanas después de la cirugía de implantes. Diez (47,6%) de los implantes fueron insertados en hueso residual de 2,6 – 4,9mm., y 11 (52,3%) se insertaron en hueso residual de 5 – 8,9mm.

No se perdieron implantes después de la cirugía y el seguimiento. No hubo pérdida ósea marginal durante el seguimiento verificado por tomografía Cone Beam.

Los implantes penetraron, en promedio, 4,4mm., en la cavidad sinusal y la ganancia media de hueso fue de 3mm. Comentan que la cirugía de implante sin colgajo puede minimizar la morbilidad postoperatoria, resorción ósea alveolar y pérdida ósea crestal.

Concluyeron que los procedimientos de elevación sinusal transalveolar sin colgajo guiados visualmente por tomografía preoperatoria pueden utilizarse con éxito para permitir la colocación, la osteointegración exitosa y la carga de uno a tres implantes en

altura del hueso residual de 2,6 – 8,9mm. No hubo pérdida ósea marginal durante los 3-12 meses de seguimiento [68].

## REGENERACIÓN ÓSEA GUIADA

La regeneración ósea guiada fue descrita por primera vez en 1959 por Hurley y cols., para el tratamiento experimental de fusión espinal [50].

El potencial clínico odontológico de la técnica no fue reconocido hasta principios de la década de 1980, cuando el equipo de investigación de Karring y Nyman examinó sistemáticamente las membranas de barrera en varios experimentos y estudios clínicos para la regeneración periodontal [69].

Se basa en el concepto de usar una membrana, reabsorbible o no, para estabilizar el coágulo sanguíneo y crear un espacio en el que las células procedentes de tejido óseo puedan crecer sin la interferencia de la rápida proliferación de las células del tejido blando [70], en combinación con injertos y substitutos óseos que proporcionan soporte y ayudan a prevenir el colapso de la membrana, y también actúan como soporte en la formación de hueso nuevo y la remodelación ósea en el área del defecto [50].

Según Abou, la regeneración tisular guiada es una de las estrategias más prometedoras para reparar y regenerar tipos específicos de tejidos como periodonto, defectos óseos alrededor de los dientes o implantes, cresta alveolar atrófica, defectos, o para preservar los alveolos después de la extracción dentaria [70,71].

La membrana actúa como una barrera física para evitar que los tejidos de crecimiento rápido (fibrosos o epiteliales) invadan el espacio del defecto, mantiene el espacio y guía al éxito de la regeneración de los tejidos defectuosos [72].

Las membranas requieren flexibilidad para adaptarse a la forma del defecto. Deben ser biocompatibles, estables en el mantenimiento del espacio, tener facilidad de uso y biodegradación ajustable [81], para mantener el espacio para la regeneración ósea guiada [82].

La integridad estructural de la membrana debe mantenerse durante la maduración del tejido recién formado y varía de acuerdo a la aplicación, es decir, 4-6 semanas para la



regeneración tisular guiada de hueso y ligamento periodontal, pero  $\geq 6$  meses en la regeneración ósea guiada para garantizar formación y maduración ósea.

El enfoque terapéutico está basado en los principios de la osteogénesis, osteoconducción y osteoinducción [72].

La osteoconducción tiene como objetivo proporcionar el andamio o sustrato para las células y los procesos bioquímicos que conducen a la formación ósea.

La osteoinducción dirige la diferenciación de células madre mesenquimales pluripotentes a células diferenciadas presentes en el tejido óseo maduro.

Cuando se trata de aumento óseo, uno de los debates más importantes en la literatura es la naturaleza del injerto. Algunos autores recomiendan xenoinjertos o aloplásticos, mientras otros optan por aloinjertos o autoinjertos, o incluso la mezcla de dos o más tipos. Los xenoinjertos tienen la ventaja de baja resorción a largo plazo, pero pueden tener problemas cuando se trata de grandes defectos óseos, en la vascularización y la formación de hueso. Los autoinjertos tienen la ventaja de ser más estables frente a grandes defectos óseos y también alivian la formación de vasos sanguíneos. Todos los tipos de injertos tienen ventajas y desventajas; algunas relacionadas con el protocolo quirúrgico, mientras que otras se refieren a las propiedades celulares como formación ósea e inducción.

Aloinjertos procedentes de cadáveres tienen propiedades osteoconductoras y posiblemente osteoinductivas, pero no son osteogénicos.

Los xenoinjertos / aloplásticos son típicamente solo osteoconductoras.

Una gran cantidad de técnicas se han aplicado para maximizar los beneficios de esos procedimientos. Tales técnicas pueden implicar el uso de factores de crecimiento y diferenciación, injertos óseos en bloque o particulados, además de membranas. [70]

Los esfuerzos investigativos actuales, se centran en el desarrollo de una membrana que no solo funcione como una membrana de barrera, sino que también ejerza actividad biológica para estimular la regeneración ósea in situ en el defecto [73].

El proceso de regeneración que ocurre dentro de la membrana biológica, implica angiogénesis y migración de células osteogénicas desde la periferia hacia el centro del defecto para crear un tejido de granulación bien vascularizado [74,75].

La organización inicial del coágulo es seguida por crecimiento vascular y deposición de tejido óseo, formación de hueso laminar posterior y, finalmente, la remodelación, que se asemeja al crecimiento óseo.

Para Obata, la regeneración ósea guiada constituye un método útil en la reconstrucción ósea in vivo [76]. El aumento óseo utilizando la regeneración ósea guiada se puede utilizar en pacientes con un ancho o altura ósea inadecuados [70]. Li, defiende que está indicada en el aumento óseo horizontal, pero la experiencia clínica en el sentido vertical es limitada [70]. Para Lee, el uso de una membrana es ventajoso, permite la estabilización mecánica y la prevención de micromovimientos del material de injerto óseo [77].

Por su parte, De Marco considera que el uso de injerto de hueso autógeno combinado con una membrana brinda resultados clínicos positivos y predecibles [78].

Sin embargo, Koerdt opina que en la cirugía bucal, su uso en el entorno clínico no siempre resulta en un relleno óseo predecible del defecto [79]. Según Ghanaati, una membrana de barrera ideal es un biomaterial que puede servir durante un período prolongado y se integra con el tejido blando circundante después de la regeneración ósea guiada [80]. Las membranas barrera se pueden agrupar en membranas reabsorbibles o no reabsorbibles [83].

### *CONCENTRADOS PLAQUETARIOS*

Los concentrados plaquetarios contienen altas cantidades de factores crecimiento que estimulan funciones biológicas, facilitando la regeneración ósea.

El uso del gel de plasma rico en plaquetas (PRP) para la colocación de injertos óseos en cirugía oral y maxilofacial, fue originalmente propuesto por Marx en 1986 y, en los últimos años, se ha masificado su uso con excelentes resultados, debido fundamentalmente, a la capacidad que tiene de incrementar la regeneración ósea al ser utilizado junto con injertos de hueso autógeno y a que es un procedimiento relativamente simple. La razón por la cual los concentrados plaquetarios son usados para tratar patologías odontológicas es porque contienen altas concentraciones de factores crecimiento que estimulan funciones biológicas como la quimiotaxis, la proliferación y diferenciación celular, los cuales facilitan la recuperación [96].

La técnica de obtención y utilización del plasma rico en plaquetas ha experimentado algunas variaciones, dado que se ha seguido investigando al respecto y en la actualidad el procedimiento se ha simplificado y optimizado a la vez, tanto así, que pasó a denominarse plasma rico en factores de crecimiento (plasma rich in growth factors) o PRGF [94].

Unos de los primeros estudios que hablan en la esfera odontológica del término regeneración corresponde a los trabajos experimentales desarrollados por Melchor en 1976 y por Nyman, y cols., en 1982 sobre regeneración periodontal [95].

Los factores de crecimiento podemos definirlos como hormonas polipeptídicas que regulan la diferenciación, la proliferación, la migración y el metabolismo celular. De esta manera se mejora la diferenciación de las células progenitoras hacia osteoblastos, mioblastos y condroblastos [95].

Sin embargo, existen controversias en la literatura con respecto al efecto de combinar plasma rico en plaquetas con injertos óseos, o implantes, ya que el concepto ha sido evaluado en diferentes modelos de estudio con una amplia gama de resultados [97].

#### *L-PRF (Leukocyte Platelet Rich Fibrin)*

La técnica del plasma rico en fibrina (PRF) sigue el mismo principio que el uso del plasma rico en plaquetas para preservación de reborde, pero tiene entre sus ventajas que requiere menor volumen de sangre, un equipo simple que permite su uso en la consulta, menos materiales y una sola centrifugación con menos revoluciones [98].

El coágulo de fibrina recolectado se puede dividir en dos partes tanto como material de relleno óseo autólogo (osteoaductor, osteoconductor) así también como membrana autóloga para proteger dicho relleno y evitar el colapso del alveolo [99].

Investigaciones recientes indican claramente que L-PRF (Leukocyte Platelet Rich Fibrin), una nueva generación de concentrados plaquetarios, mejora significativamente la cicatrización de heridas en tejidos blandos y duros. Para la preparación de estas membranas, se colocan los coágulos en una bandeja especial para una compresión suave por gravedad con la ayuda de una placa metálica de la bandeja.

Unos minutos más tarde las membranas están listas para ser usadas. Las membranas se pueden utilizar durante las próximas 2,5 a 3 horas irrigadas para evitar su deshidratación.

El protocolo es similar para la preparación de tapones para la regeneración de un defecto [100].

### **CONDENSACIÓN ÓSEA**

Como es bien sabido, y es lo que perseguimos, las fresas remueven hueso. Cuando existe disponibilidad de una adecuada cantidad de hueso denso, esto no es un problema; sin embargo, cuando el hueso alveolar es blando, o se presenta una cresta muy reabsorbida, la colocación de implantes, en cuanto a su estabilidad primaria, puede verse comprometida [50].

La posibilidad de preservar el hueso existente, mejorar su calidad y manipular su forma es, sin duda, un objetivo deseable. Por ello, en ciertas situaciones clínicas, la condensación ósea ofrece varias ventajas sobre la instrumentación ósea clásica con fresas calibradas de diámetro creciente.

Como es sabido, el uso de fresas en hueso maxilar de calidad ósea D3 y D4 es técnicamente complejo en ocasiones, debido a la escasez o ausencia de cortical y presencia masiva de tejido esponjoso [50].

Debido a la capacidad viscoelástica del hueso, los osteótomos pueden manipular y comprimir el hueso. Este hecho, en el hueso blando, debido a la compresión lateral, crea una interface más densa, de más calidad, en el alvéolo implantario, sin generar el trauma calórico del fresado [50].

Tatum, en 1977, acuñó el término osteótomo y diseñó el primer estuche de instrumental. Sin embargo, fue R. B. Summers el que describió completamente el instrumental, sus características y utilidades [50]. Los osteótomos, trabajan “aplastando” lateral y apicalmente el hueso, mejorando la calidad y densidad óseas; y lo que es más importante, aumentando muy sensiblemente la superficie de interface hueso-implante. Es un hecho común que la aplicación de los osteótomos iniciales (2mm., 3mm.) no ofrezca resistencia, siendo dificultosa a partir de 3,8mm. [50].

### **EXPANSIÓN ÓSEA**

En ocasiones buscamos un aumento de anchura bucolingual, bien para anchuras iniciales menores de 4mm., o para corregir angulaciones de emergencia: mejorar la relación oclusal con los antagonistas o en la zona anterior sencillamente por razones estéticas.

La técnica de expansión está directamente ligada a la experiencia del cirujano; es muy práctica y eficiente, siempre y cuando inicialmente tengamos al menos 3mm., en la zona más coronal de la cresta. El paciente no debe portar prótesis removibles sin aliviar durante la fase de osteointegración <sup>[50]</sup>.

## CIRUGÍA GUIADA

### Historia:

En 1988, Columbia Scientific, Inc., introdujo el software dental tridimensional, que convirtió cortes axiales de tomografía computarizada en imágenes transversales formateadas de las crestas alveolares para el diagnóstico y la evaluación <sup>[179]</sup>.

La primera versión de SimPlant, producida por Columbia Scientific en 1993, permitió la colocación de implantes virtuales de dimensiones exactas en vistas transversales, axiales y panorámicas de imágenes de tomografía computarizada.

Simplant 6.0 (Columbia Scientific 1999) agregó la creación de una superficie de imagen reformateada tridimensional; que en un principio utilizaba diferentes guías para cada diámetro de fresa <sup>[176]</sup>. con diferentes diámetros de paso disponible <sup>[247]</sup>.

En 2002, Materialise (Lovaina, Bélgica) compró Columbia Scientific.

SimPlant™ fue el programa más generalizado al principio y el más validado científicamente <sup>[143]</sup>. Como evolución particular de este programa, surgió Facilitate™, una aplicación desarrollada para el sistema de implantes Astra Tech. Posteriormente surgieron otros programas informáticos similares como Nobelguide®, Nemoscan®, Neoguide®...) que también aseguran la inserción controlada de los implantes mediante cirugía guiada <sup>[173]</sup>.

Hoy en día existen más de 100 programas informáticos de planificación disponibles de varias compañías y sistemas de implantes, que disponen de instrumental específico <sup>[397]</sup> para utilizar con las guías <sup>[183]</sup>.

Uno de los más difundidos ha sido el software NobelClinician fue diseñado originalmente para las arcadas completamente edéntulas y al sistema se le denominó NobelGuide.

Dependiendo de la filosofía del programa, está más orientado gráficamente o más técnicamente. Por ejemplo el Sistema Dental Slice utiliza rectángulos modificables según el diámetro y longitud de los implantes, y no exactamente el diseño más o menos cónicos del implante y sus roscas <sup>[184]</sup>.

## PLANIFICACIÓN INVERSA

La Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva para la colocación de implantes, se menciona también como de planificación inversa ya que se planifica el caso clínico en base a la prótesis que el paciente va a recibir.

El diagnóstico 3D digital por ordenador está concebido no solamente para obtener resultados óptimos quirúrgicos en el posicionamiento de los implantes debido a la planificación virtual <sup>[179]</sup>, sino que además dicha planificación se dirige bajo las consideraciones y requisitos protésicos <sup>[110,178]</sup>.

Para poder realizar la planificación virtual con el software viendo la disponibilidad ósea y la prótesis que llevará el paciente <sup>[177]</sup>, es necesario siguiendo el protocolo original de la técnica, que el laboratorio de prótesis dental elabore con resina transparente una copia de lo que será la futura prótesis. Se le denomina férula radiológica o tomográfica porque se realizará un primer TAC colocada en la boca del paciente y un segundo TAC solamente de dicha férula. Hoy en día, los tomógrafos Cone Beam generan datos volumétricos isotrópicos de alta resolución con alta precisión geométrica <sup>[176]</sup> sin exposición a una alta carga radiológica <sup>[145]</sup>.

Seguidamente utilizando un software conversor, se superponían las dos imágenes provenientes de las dos tomografías por medio de hacer coincidir, de manera manual o automática, los marcadores radiopacos de la plantilla o férula radiológica o tomográfica. Quedaban los dos escaneos superpuestos en un proceso informático denominado segmentación.

A través de este procedimiento de segmentación se podían visualizar por separado e independientemente las imágenes 3d de las estructuras óseas y la imagen 3d de la plantilla radiológica <sup>[182]</sup>.

Los datos reformateados con el proceso de segmentación que normalmente realizaba el centro radiológico, se enviaban al implantólogo para que realizase la planificación de la posición ideal de los implantes con el software de planificación.

En implantólogo una vez concluida la planificación, y realizada la revisión, puede enviar el fichero informático por email para que le fabriquen la férula quirúrgica estereolitográfica <sup>[619]</sup>, con las anillas cilíndricas <sup>[194]</sup> que le guiaran las perforaciones y el posicionamiento de los implantes en el momento de la cirugía <sup>[146,147,154,245,247,248]</sup>.

Se suele enviar a un centro que disponga de impresoras 3d <sup>[155]</sup>.

Las primeras guías quirúrgicas eran osteosoportadas; y hoy en día se suelen utilizar mucosoportadas o mucodentosoportadas tanto para el maxilar superior como para la mandíbula en pacientes parcial o totalmente edéntulos.

La férula o guía quirúrgica se fija al hueso con varios pivotes pasadores para evitar su movilidad. Incorpora unas anillas cilíndricas que guían las fresas para realizar las diferentes perforaciones sucesivas de diámetro creciente y luego guían la inserción de los implantes que irán dirigidos a ocupar la posición tridimensional que se les había dado en la planificación <sup>[155]</sup>.

Se suelen elaborar por prototipado rápido; por estereolitografía (SLA) (Stereo Litography Apparatus), que usa el principio de fotopolimerización de resinas; o por sinterización selectiva por láser (SLS) (Selective Laser Sintering).

La primera usa un láser ultravioleta para realizar líneas transversales de "curado por láser" con una resina líquida; modelos son por lo general translúcidos. La segunda usa un láser de dióxido de carbono para fusionar capas de polvo de amida poliamídica; los modelos son opacos <sup>[244]</sup>.

Este protocolo, representaba una revolución en odontología que permite optimizar los procesos de tratamiento también en situaciones donde las limitaciones anatómicas complejas podían llegar a impedir el tratamiento.



## JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1- Hemos usado clínicamente en equipo la Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva, para la colocación de implantes dentales desde el año 2006. La precisión y eficiencia de la sistemática original nos convenció desde nuestra estancia en la Clínica Dental Cellera de Brasilia, especializada en cirugías guiadas.

Desde el año 2007 explicamos la técnica original y la experiencia quirúrgica en Colegios de Odontólogos, Universidades y Centros de Formación convencidos de su precisión y ventajas clínicas.

Desde entonces hemos utilizado la técnica, siempre con éxito y ausencia de problemas postoperatorios en los pacientes. Por ello la difundimos en Cursos y conferencias en Colegios de Odontólogos y Universidades.

La idea de la tesis surgió por la utilidad de objetivar la precisión de nuestra sistemática ya que, a pesar de los excelentes resultados clínicos observados, no disponíamos de ningún artículo científico publicado con un estudio experimental in vitro que analizara las posibles desviaciones entre la planificación virtual y la posición real de los implantes colocados.

Algunos trabajos científicos utilizan también el programa informático Dental Slice <sup>[184]</sup>, software abierto que nosotros utilizamos en clínica en equipo; pero no disponíamos de un trabajo completo sobre su precisión.

Para valorar la precisión, se utilizan las imágenes tridimensionales 3D obtenidas a partir de la tomografía, y se realiza la superposición de la planificación virtual con el posicionamiento de los implantes tras su colocación <sup>[155]</sup>.

2- En la sistemática original, para poder ver la futura prótesis 3d en la planificación, era necesario realizar la tomografía del paciente con la férula radiológica colocada en boca.

En el año 2015 apareció la novedosa sistemática de la técnica de escaneado de la impresión dental, que se presentaba más precisa al superponer la imagen, con más calidad de definición, de la dentadura sobre el TAC.

Además, se mostraba más simple y eficiente obteniendo también la imagen de la prótesis por el escaneado de la impresión, con lo que ya no es necesario realizar la tomografía del paciente con la férula radiológica colocada en boca.

La fabricación correcta de dicha férula radiológica por parte del laboratorio de prótesis dental, y la tomografía realizada, en un Centro Radiológico, de la férula posicionada en boca en las condiciones requeridas; habían sido las principales dificultades con las que nos encontramos.

Hoy en día ya bastantes clínicas dentales disponen de un TAC dental. Con la nueva sistemática, si ya disponemos de una primera tomografía diagnóstica exploratoria del paciente, ahorramos una segunda exploración tomográfica del paciente con la férula en boca ya que solamente necesitamos un escaneado de la impresión dental.

Acudimos nuevamente a Brasilia para comprobar la efectividad clínica de la nueva sistemática. Observamos un ajuste perfecto de las guías quirúrgicas en boca de los pacientes; mejor que con la sistemática original.

3- Decidimos comparar la precisión de estas dos sistemáticas de cirugía guiada entre sí y con la de la técnica convencional de colocación de implantes no guiada por ordenador; y probar que son mucho más precisas.

4- Además de objetivar la precisión, la tesis no conducirá a ningún beneficio útil si no determinamos la eficiencia y las ventajas reales de este nuevo sistema de rehabilitación implantoprotésica y lo puntualizamos con la revisión exhaustiva de la literatura y nuestra experiencia de más de 10 años con la sistemática original.

La Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva permite la colocación adecuada planificada de los implantes con alto índice de éxito sin necesidad de colgajo; reduciendo el tiempo

quirúrgico y minimizando los riesgos que aparecen en el consentimiento informado del tratamiento convencional con implantes dentales.

Con esta técnica, los tejidos blandos presentan menos inflamación y hemorragia, facilitando, en conjunto la consecución de la estabilidad primaria de los implantes, la realización de forma inmediata de la fase protodóncica; que supone la carga funcional de los implantes y la rehabilitación protésica del paciente en el mismo procedimiento quirúrgico.

5- Queríamos responder, respaldados por la bibliografía, a las cuestiones que se han planteado los odontólogos, desde los orígenes de la técnica a principios de siglo hasta hoy en día, en cuanto a los pasos a seguir para lograr la precisión y la eficiencia.

Algunos profesionales, se iniciaron en la técnica atraídos por la publicidad de las principales marcas de implantes, adquiriendo costosos softwares e instrumental para su aplicación. Se había promocionado que era muy sencilla. Pero en realidad, lógicamente es necesaria una curva de aprendizaje, dedicando tiempo y paciencia a los requisitos prequirúrgicos.

La idea original que se lanzó por parte de las firmas comerciales de que la prótesis podía estar ya fabricada antes de la cirugía, obteniéndose a partir de la guía quirúrgica; no se correspondía complemente a la realidad.

La práctica y la bibliografía nos dice que es posible; pero considerando los pequeños errores acumulados del proceso, el laboratorio de prótesis debe de elaborar la prótesis provisional “aliviada” para que el odontólogo la acabe de adaptar en boca; lo que en realidad requiere más tiempo que la propia colocación de los implantes.

Estos “contratiempos” produjeron desconfianza y desánimo a los implantólogos respecto a la exactitud de la técnica. Pocos consiguieron incorporar la técnica a su práctica diaria.

Las dudas de los profesionales actualmente provienen del comentario de las dificultades con que se encontraron los primeros usuarios, de la confusión e incertidumbre que le puede provocar al clínico la multitud de publicaciones científicas y comerciales apoyando

diversidad de posibilidades con variaciones y modificaciones de los materiales y procedimientos; y del conflicto, preocupación y apuro al cambio.

El estudio de la precisión, y de la eficiencia con una revisión bibliográfica exhaustiva de las ventajas del procedimiento actual, justifica el trabajo de proporcionar información que motive a los profesionales en la necesidad de formarse o reciclarse en beneficio propio y de los pacientes.

Para ello es necesario analizar la metodología original, ver como se han superado los posibles inconvenientes; con la nueva sistemática que apareció en el 2015 de manera estructurada analizando punto por punto la metódica, procedimientos y productos para aportar coherentemente información; que aclare que, las diferentes sistemáticas y materiales presentan pequeñas variaciones en precisión y propiedades, pero que todas conducen a mayor eficiencia y consecuente éxito, cuando se realizan siguiendo los adecuados protocolos, en comparación con la cirugía no guiada.

A pesar de que existen infinitud de publicaciones científicas sobre los éxitos de la implantología dental y multitud de casos tratados con diversas opciones técnicas, no resulta fácil encontrarlos sobre las complicaciones. Con el uso recientemente ya extendido del TAC dental y de los softwares de planificación, han aparecido los últimos años publicaciones sobre variaciones anatómicas en zonas consideradas tradicionalmente como seguras, que han sido causa de complicaciones; evitables con la cirugía guiada.

El conocimiento y aplicación de la cirugía guiada mínimamente invasiva. hoy en día, con los avances digitales complementarios a la nueva sistemática descritos desde el 2018 en el marco de la Odontología Digital, la técnica puede pasar a ser de eficiente a indispensable.

## **HIPÓTESIS**

1- Utilizando la técnica de Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva para la colocación de implantes dentales, dirigidos por una guía quirúrgica obtenida con la planificación virtual por ordenador a partir de la tomografía, se consigue mayor precisión que en la colocación convencional de implantes no guiados.

2- La tomografía de la impresión dental aumenta la precisión respecto de la técnica original de doble tomografía de la férula radiológica y del paciente con la férula radiológica en boca.

## OBJETIVOS

- 1- Examinar la precisión de la Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva para la colocación de implantes dentales según la sistemática original, valorando los resultados del desvío lineal y angular de los implantes instalados en prototipos o modelos de trabajo respecto a la planificación virtual y de la nueva sistemática de escaneado de la impresión comparándolas con la colocación de implantes no guiada por ordenador.
- 2- Comprobar la precisión de la nueva sistemática de cirugía guiada de escaneado de la impresión en comparación con la Técnica de Cirugía Guiada original realizada a partir del TAC de la férula radiológica o tomográfica.
- 3- Comparar y discutir nuestros resultados con los obtenidos en estudios previos respecto a la precisión, eficiencia y practicidad de la técnica.

## **MATERIAL Y MÉTODOS:**

Se realiza un estudio experimental in vitro transversal analítico comparativo entre dos grupos experimentales de técnica guiada: con el primer grupo se utiliza la técnica guiada original, con el segundo se utiliza la nueva sistemática de escanear la cubeta de impresión dental; y un tercer grupo control de cirugía convencional no guiada con cuatro variables cuantitativas.

Se evalúa la diferencia global en los tres grupos y, posteriormente, la diferencia entre los pares de grupos.

Asumimos que la diferencia mínima válida entre lo planificado y los implantes colocados en los grupos 1 y 2 es de décimas de milímetro. Se realizarán 240 mediciones de las desviaciones lineales y angulares, por lo que utilizamos 10 modelos odontológicos de maxilar prototipados idénticos aleatorios, de la firma Nacional Ossos de Sao Paulo (Brasil) densidad homogénea, que simulan el maxilar parcialmente edéntulo de un paciente con ausencia de los dientes 14, 15, 16, 24, 25 y 26. Esta muestra fue seleccionada según la media observada en los estudios encontrados en la revisión bibliográfica y teniendo en cuenta el presupuesto disponible.

El modelo odontológico es la reproducción anatómica comparable a un caso real clínico, fabricado por una empresa especializada desde hace 25 en de modelos para odontología, utilizados según el fabricante en más de 50 países para estudios y formación.

Para colocar en cada modelo maxilar prototipado, se planifican en total 6 implantes distribuidos en 3 grupos con dos implantes de cada grupo utilizando el programa de planificación virtual de implantes dentales Dental Slice de la firma Biopars de Brasilia.

Para poder realizar la planificación se obtienen las imágenes convertidas en 3d por el Software Converter de Dental Slice a partir de la tomografía de la siguiente manera:

Para planificar los implantes del Grupo 1 y 3 se confecciona una férula radiológica según la técnica original y se realiza la doble tomografía: primero a la férula y luego a uno de los modelos con la férula colocada tal como se hace con los pacientes.

Para planificar los implantes del Grupo 2 se toma una impresión dental al modelo maxilar prototipado tal como se describe posteriormente y se realiza la nueva sistemática de tomografía de la cubeta de impresión.

Una vez planificados los implantes se elabora la férula o guía quirúrgica en la compañía Bioparts de Brasilia.

Tras la colocación de los implantes guiados, por un solo operador en cada uno de los 10 modelos maxilares prototipados, la evaluación de precisión en la instalación de los implantes dentales colocados respecto a la planificación virtual realizada con el programa informático de cirugía guiada, puede realizarse comparando y calculando las desviaciones por medio de la superposición de las imágenes 3D obtenidas a partir de la tomografía computarizada realizada para la planificación del posicionamiento de los implantes dentales y la tomografía obtenida de los modelos tras el posicionamiento real de los implantes.

Para la medición de las desviaciones se utiliza el mismo software Converter Dental Slice.

En cada prototipo se instalan implantes dentales diferenciados en 3 grupos:

**Grupo 1:** Para los dientes 24 y 26, se instalan implantes usando la misma guía quirúrgica con las anillas cilíndricas que guían la perforación y la colocación de los implantes posicionadas automáticamente por el software a partir de nuestra planificación basándonos en la disposición ósea y estructuras anatómicas y en la imagen de la férula radiológica simulando la futura prótesis obtenida por la sistemática original clásica de la doble tomografía.



**Grupo 2:** Para los dientes 14 y 16, los implantes se instalan con la misma guía quirúrgica con los implantes planificados basándonos protésicamente en la tomografía de la cubeta de impresión vaciada virtualmente y superpuesta por el Software Converter.



**Ilustración 1.** Grupos 1, 2 y 3 diferenciados por el color: Grupo 1 para los dientes 24 y 26 señalados con un círculo discontinuo color verde neón; Grupo 2 para los dientes 14 y 16 color rojo; y Grupo 3 para los dientes 15 y 25 color verde apagado.

**Grupo 3:** Y para los dientes 15 y 25, los implantes se instalan como con una guía tradicional convencional de laboratorio de prótesis, fabricada sin usar el software de

planificación virtual, para una primera perforación orientada transepitelial y posterior incisión y colgajo.

En el sector anterior, se colocarán cuatro implantes, que no forman parte del estudio de precisión, para control de la profundidad de inserción, que puede utilizarse en un trabajo posterior.

## *METODOLOGÍA*

### **Grupo 1:**

Se tomaron impresiones con silicona de condensación, Laborsil de la firma Dreve (Unna, Alemania), se vació con yeso piedra y se envió al laboratorio protésico, encargándole una férula radiológica.



**Ilustración 2.** Férula radiológica o tomográfica para el Grupo 1 correspondiente a los dientes 24 y 26.

Para ello, el laboratorio realizó en encerado diagnóstico de la prótesis y posterior elaboración de la férula radiológica con resina acrílica transparente; a la que incorporó cuatro marcaciones de gutapercha radiopacas en la zona vestibular.



**Ilustración 3. Comprobación del ajuste sobre el modelo maxilar prototipado de la Férula radiológica o tomográfica para el Grupo I correspondiente a los dientes 24 y 26.**

Al recibir la férula radiológica que nos entregó el laboratorio protésico, tal como se hace en clínica; se comprobó el ajuste de la férula radiológica en el modelo maxilar prototipado.

Posteriormente se envió el modelo de maxilar prototipado al Centro Radiológico para realizar el doble escaneado clásico de la cirugía guiada: un primer TAC solamente de la férula y luego un segundo TAC con la férula colocada tal y como ocurre con los pacientes.

Las imágenes obtenidas en archivos DICOM (Digital Imaging and Communication On Medicine) de la doble tomografía, fueron convertidas con el software Converter utilizando los puntos radiopacos de gutapercha como referencia.

Las tomografías computarizadas de tipo cone beam (CTBC) fueron realizadas siempre con el mismo tomógrafo Icat Classic (Imaging Sciences International, USA), con cortes de 0,25mm., de espesor y 0,25mm., de intervalo, 120 Kv y 36,12mAs (miliamperios).

Y posteriormente se utilizó el software Dental Slice también de la Bioparts para la planificación de los implantes.

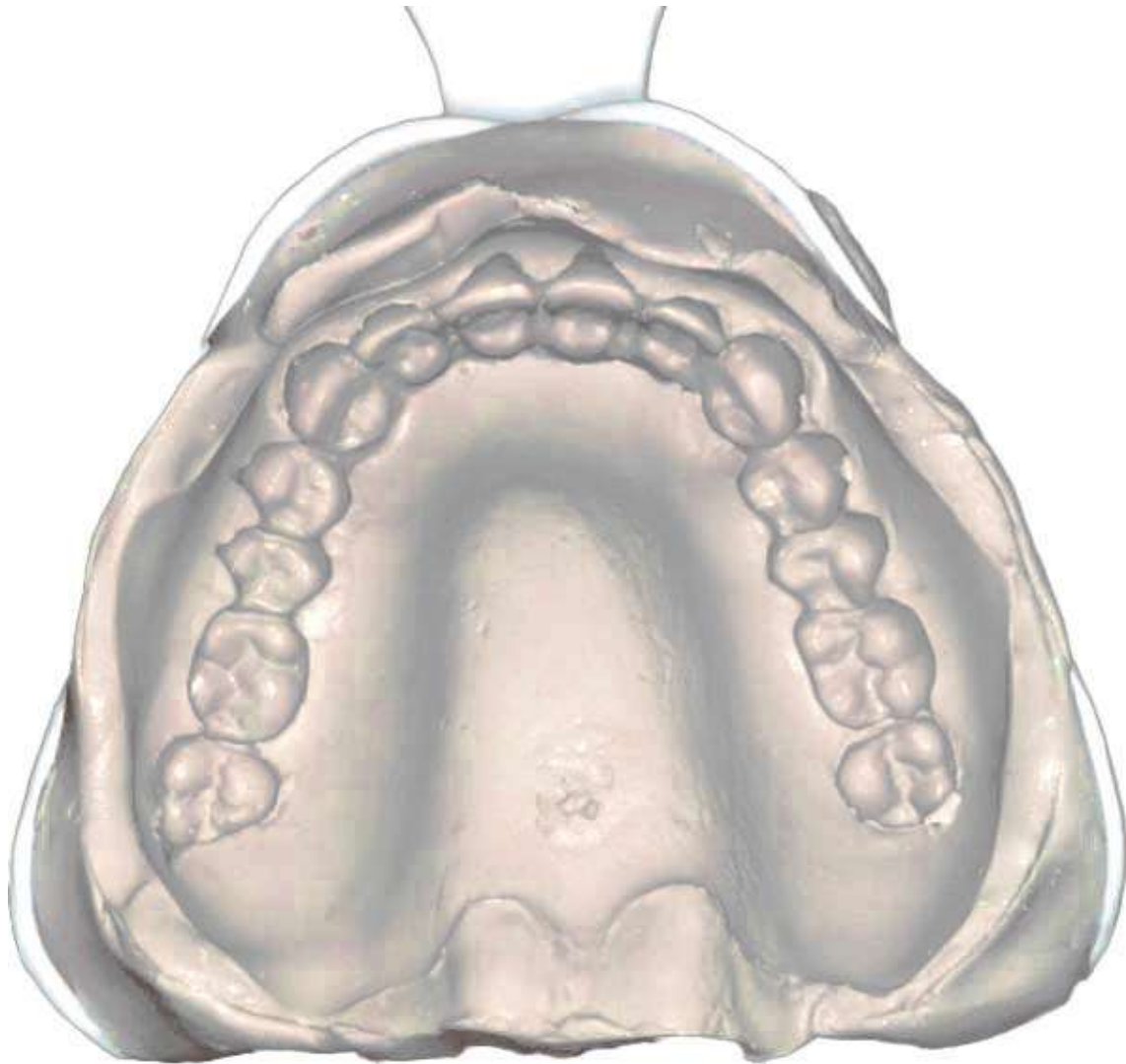
**Grupo 2:**

A partir de la impresión con silicona de condensación y se vació con yeso para obtener el modelo de yeso de trabajo y sobre él, se realizó el encerado diagnóstico.



**Ilustración 4. Modelo de trabajo con el encerado diagnóstico.**

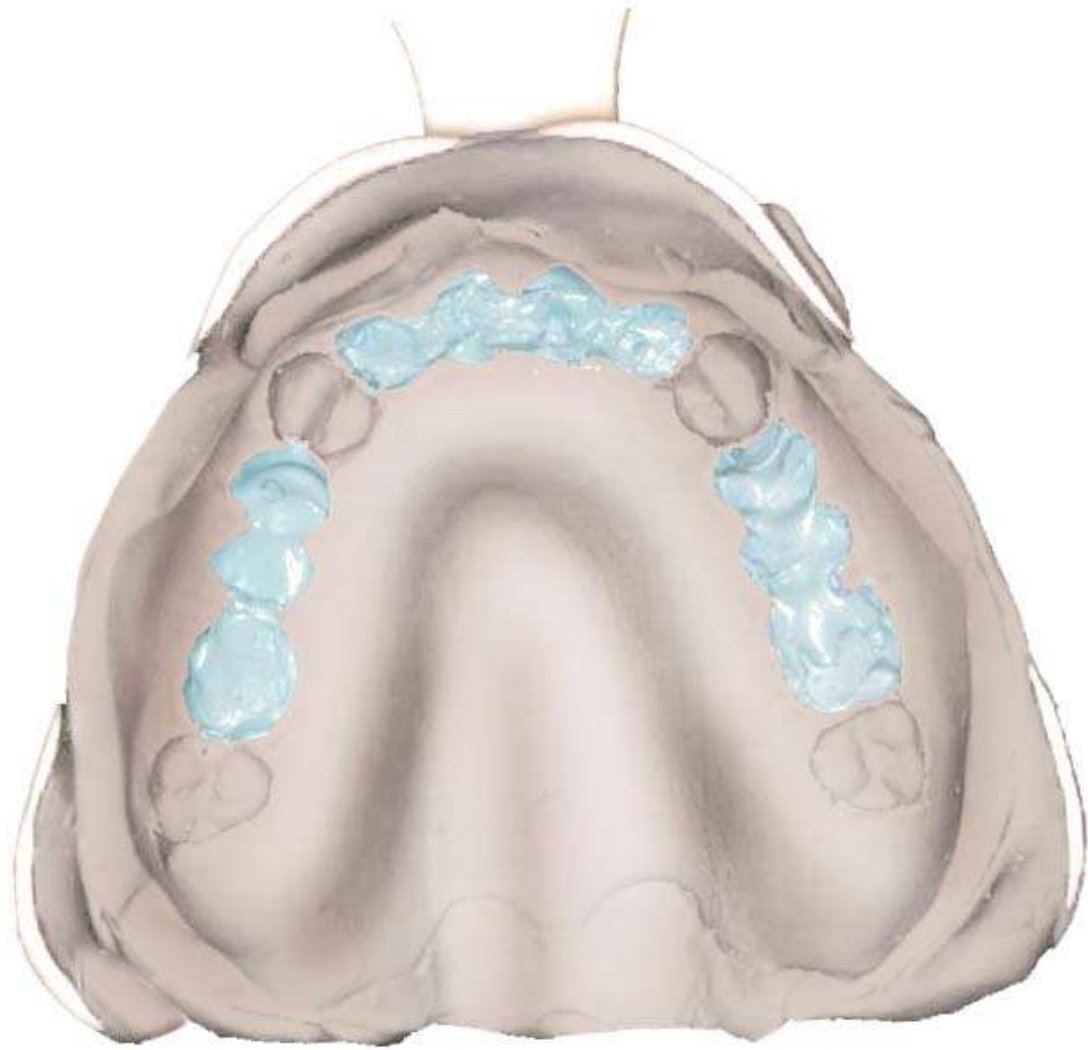
Se tomó la impresión del modelo de yeso con el encerado usando silicona de condensación Laborsil.



**Ilustración 5. Impresión con silicona de condensación Laborsil.**

El volumen que ocupaban las coronas enceradas en la impresión, fue rellenado con la silicona hiperdensa Silix radiopaca de Bioparts; para que posteriormente se pudieran ver diferenciadas en el programa informático de planificación de implantes.





**Ilustración 6. Impresión rellenada con la silicona hiperdensa Silix radiopaca.**

Posteriormente se añadió por encima, silicona fluida de condensación Syntax Light de Dreve y se tomó una segunda impresión.





**Ilustración 7. Segunda impresión con silicona fluida.**

La cubeta se envió al Centro Radiológico para realizar la tomografía de la impresión. En este caso no se realizó otra tomografía del modelo maxilar prototipado ya que ya la habíamos obtenido con la férula radiológica colocada.

Las imágenes tomográficas de la impresión, obtenidas, fueron convertidas con el software Converter de Bioparts.

Con el programa Dental Slice Converter se realizó el vaciado virtual de la impresión para la obtención de la imagen 3D del modelo de yeso y los dientes previamente encerados en el ordenador para superponerla con la tomografía del modelo maxilar prototipado.

Y posteriormente se utilizó el software Dental Slice también de la Bioparts para la planificación de los implantes.

### **Grupo 3:**

**Aclaración:** Cuando en clínica, el implantólogo coloca los implantes sin cirugía guiada, o bien lo hace de manera intuitiva tras abrir el colgajo; o bien utiliza una guía convencional acrílica de laboratorio, similar, en su aspecto, a la férula radiológica, a la que el técnico de laboratorio coloca anillas con diámetro interior de 2,1mm., para orientar la perforación transeptal con la fresa de lanza de 2mm. (tal como se representa en la ilustración 8). Seguidamente, en clínica se retira la férula, se realiza la incisión y colgajo y se usan, a mano alzada no guiada, las fresas de diámetro progresivo para realizar la perforación.

Con las férulas convencionales de laboratorio, el punto de la perforación se orienta a criterio del técnico en prótesis dental a partir del encerado diagnóstico de la futura prótesis sobre el modelo obtenido a partir de una impresión dental; que indica el lugar donde sería conveniente la primera perforación con la fresa de 2mm., para que la posición de los implantes esté bien dirigida según las necesidades protésicas de la restauración; pero que no está guiada por un software de planificación virtual de los implantes que tiene en cuenta además la disposición ósea y los condicionantes anatómicos.

En el trabajo de estudio, para determinar la precisión alcanzada con el procedimiento convencional de la cirugía no guiada; al igual que se hace con la férula convencional de laboratorio, utilizamos la guía quirúrgica, solamente para marcar el punto de entrada con la primera fresa lanza sobre la encía, en la zona de los dientes 15 y 25, para luego utilizar las fresas de 2 y 2,8mm., a mano alzada no guiada y seguir con la colocación de implantes no guiados.



**Ilustración 8.** Férula radiológica con anillas dibujadas superpuestas de 2,1mm., de diámetro interior, tal como se usaría en clínica como guía convencional acrílica de laboratorio fabricada sin usar el software de planificación virtual para el posicionamiento de las anillas situadas en este caso en las posiciones de los dientes 15 y 25.

## PLANIFICACIÓN

Todos los implantes planificados e instalados fueron DSP Soulfit de conexión cono morse de 3,5mm., de diámetro x 13mm., de longitud.

Existen dos opciones para visualizar la futura prótesis en el software para la planificación:

### **1. Planificación a partir de la férula radiológica marcada con puntos de gutapercha.**

#### **Grupo 1**

En el programa informático Dental Slice se ve en este caso el material que simula al hueso con poca densidad radiológica y el material que simula la encía en mayor densidad radiológica.

El programa informático Dental Slice utiliza cuatro ventanas interactivas en la pantalla:

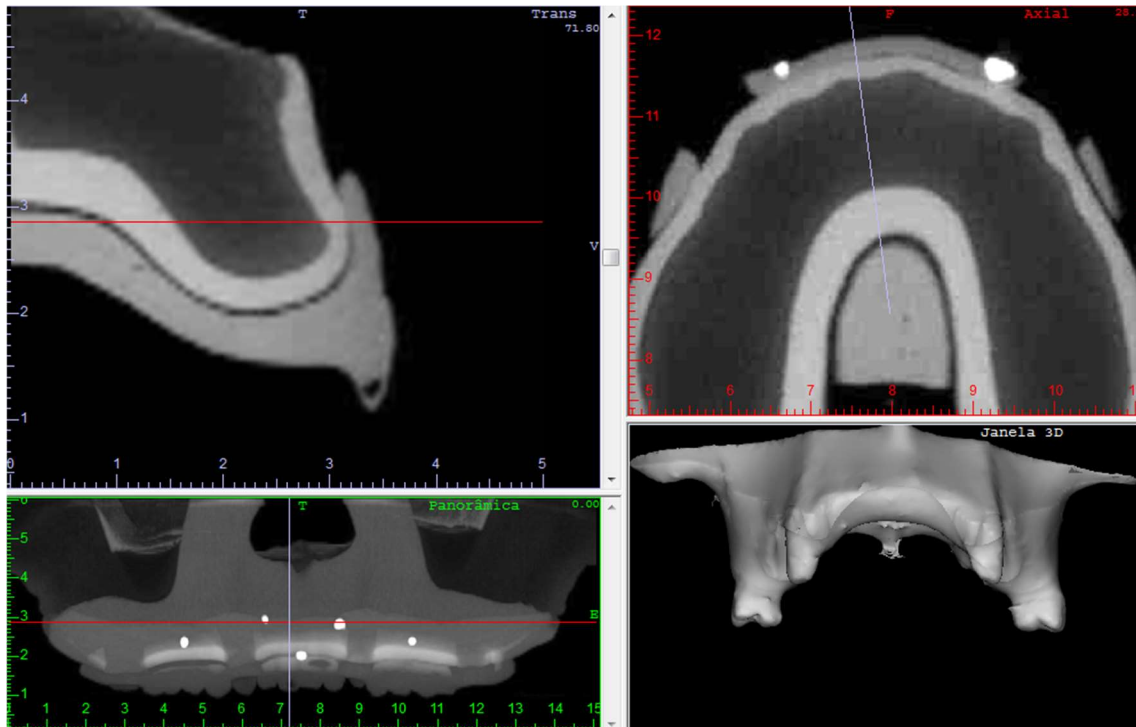
La ventana superior derecha de la imagen de la pantalla corresponde a los cortes transversales.

La ventana superior izquierda corresponde a los cortes axiales en sentido cráneo caudal.

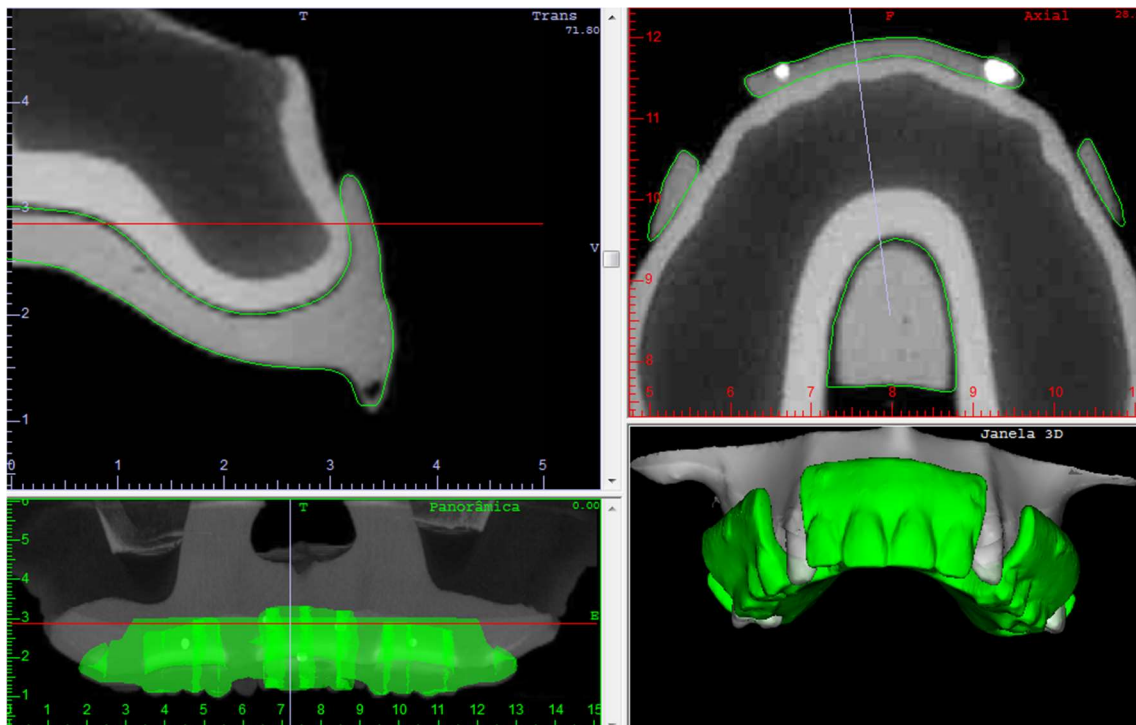
La ventana inferior derecha corresponde a un corte panorámico.

Las ventanas mencionadas disponen de una barra de desplazamiento para explorar de izquierda a derecha en los cortes transversales, de arriba abajo en los cortes axiales y en sentido anterior posterior en los cortes panorámicos.

La ventana inferior izquierda corresponde a la reconstrucción 3D tanto del maxilar como de la férula radiológica en la que se basa la futura prótesis. Y que dispone de herramientas para mover la imagen 3D, ver u ocultar las distintas estructuras y planos para la exploración anatómica del paciente, en este caso modelo maxilar prototipado.

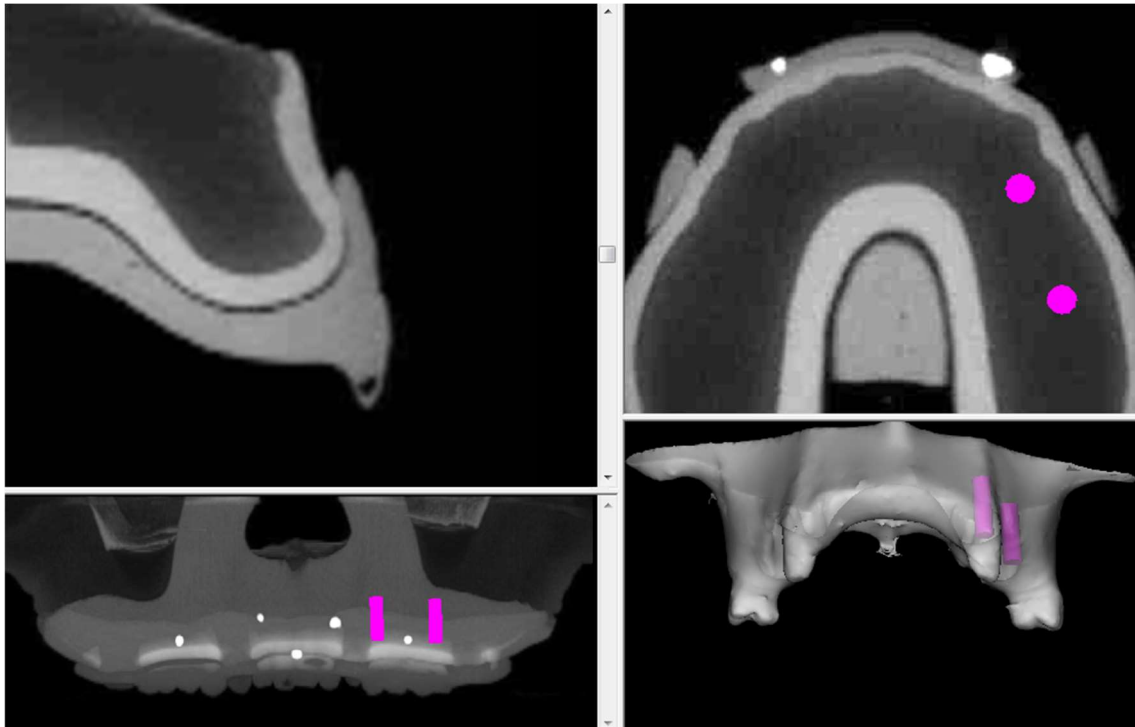


**Ilustración 9.** TAC del modelo maxilar prototipado con la férula radiológica colocada (no visible, en esta imagen, en la ventana 3D).



**Ilustración 10.** TAC del modelo maxilar prototipado llevando la férula radiológica. Ahora visible en color verde; ya que para facilitar la planificación podemos elegir con el menú de opciones del programa informático el visualizar o no cada una de las estructuras. Al inicio de la planificación se suele ocultar la férula (futura) prótesis

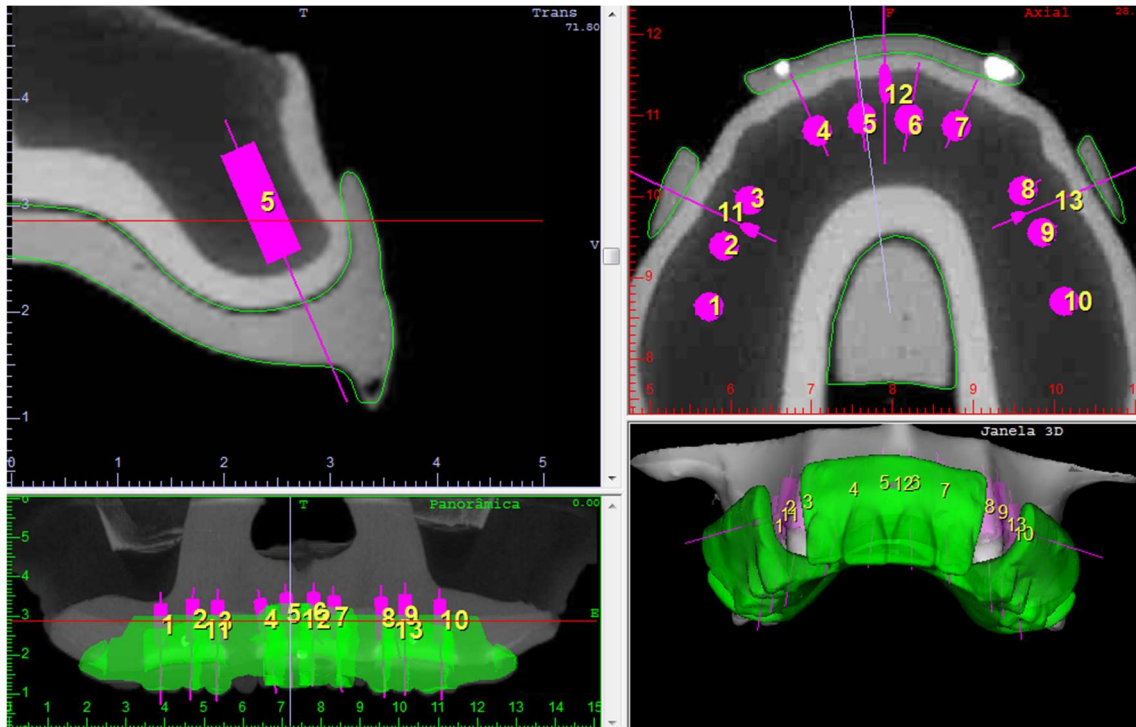
para ver solamente el hueso y empezar a posicionar los implantes. Luego se activa la visualización de la prótesis para ir viendo las salidas protésicas de los implantes y corregir y adecuar su posicionamiento.



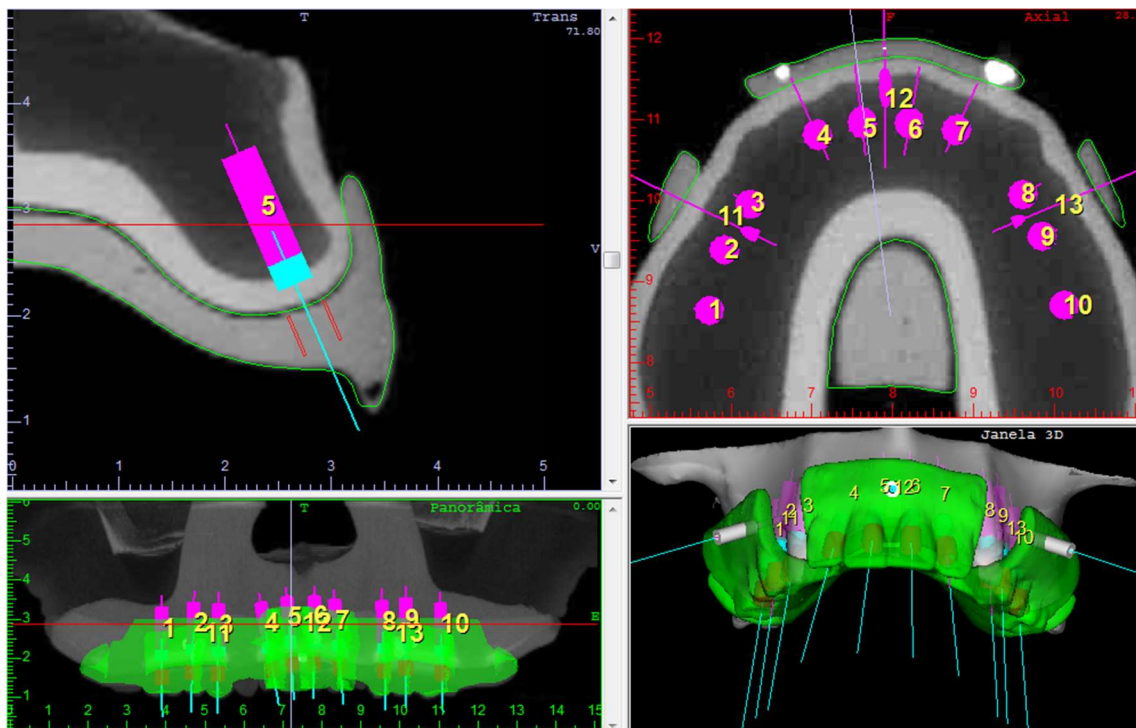
**Ilustración 11.** Planificación del Grupo 1 de implantes correspondiente a los dientes 24 y 26. (Simulación virtual de los implantes dentales en color fucsia).

Podríamos seguir planificando todos los implantes tal como se muestra en la siguiente ilustración.





**Ilustración 12.** Planificación de la distribución y del posicionamiento de los implantes según la disponibilidad ósea y la adecuación a la rehabilitación protésica. También se planifica el posicionamiento de los dos o tres pines que ayudan a la sujeción y estabilidad de la futura guía quirúrgica en el momento de la intervención quirúrgica.



**Ilustración 13.** En la ventana de cortes transversales, se aprecia en color azul, que podemos preseleccionar el componente protésico transeptal adecuado según la encía; tanto en longitud como angulación si fuera

necesario para adaptarse a la futura prótesis. De esta manera elegimos ya antes de la cirugía el componente protésico ideal para el correcto asentamiento de la futura prótesis en la encía. También en color rojo se puede apreciar el perfil de la anilla que guiará la perforación y posicionamiento de los implantes. Dicha anilla se sitúa automáticamente por el software según se haya colocado virtualmente el implante. La anilla no debe de quedar en contacto con el hueso y no debería de penetrar más de 2mm., en la encía. Para evitar este posible problema en casos de crestas muy afiladas o encías muy gruesas, existen aditamentos para compensar y solventar el problema.

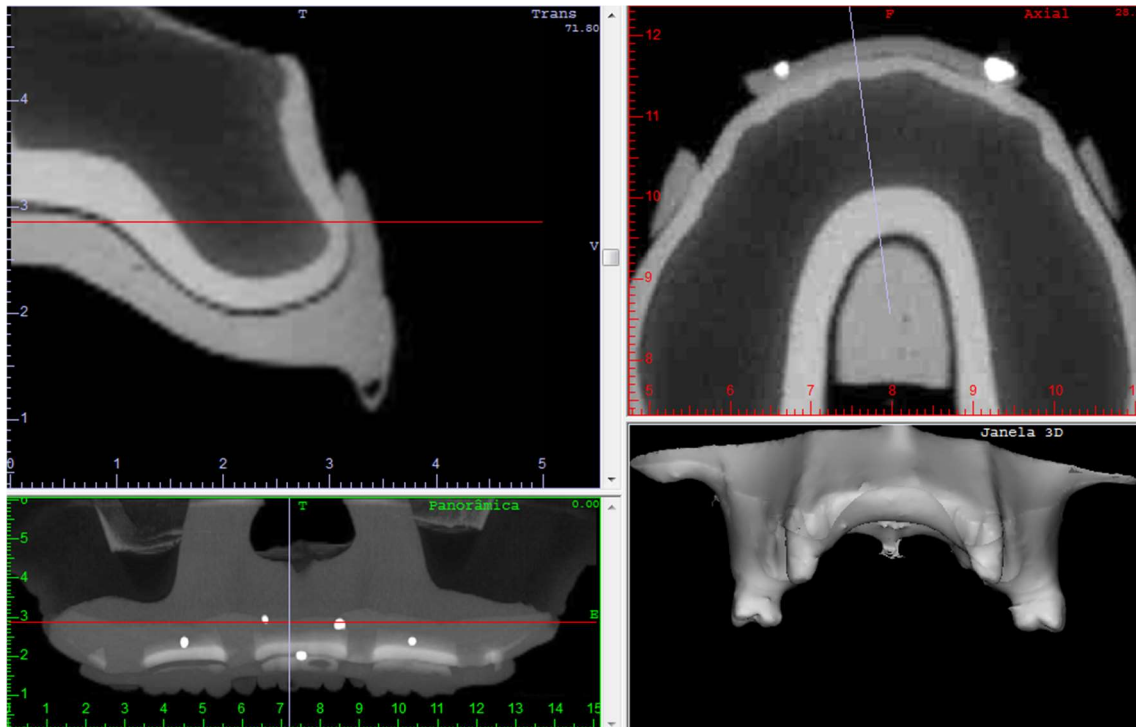
Los requisitos y condicionantes de la colocación de los implantes son similares que en cirugía convencional con colgajo.

Con la cirugía guiada es fácilmente controlable en la planificación la distribución, distancia mínima entre implantes, bicorticalidad, longitud, anchura, angulación... y evitar posibles zonas de menor distancia entre implantes, colisiones...

## **2. Planificación a partir de la impresión. Grupo 2**

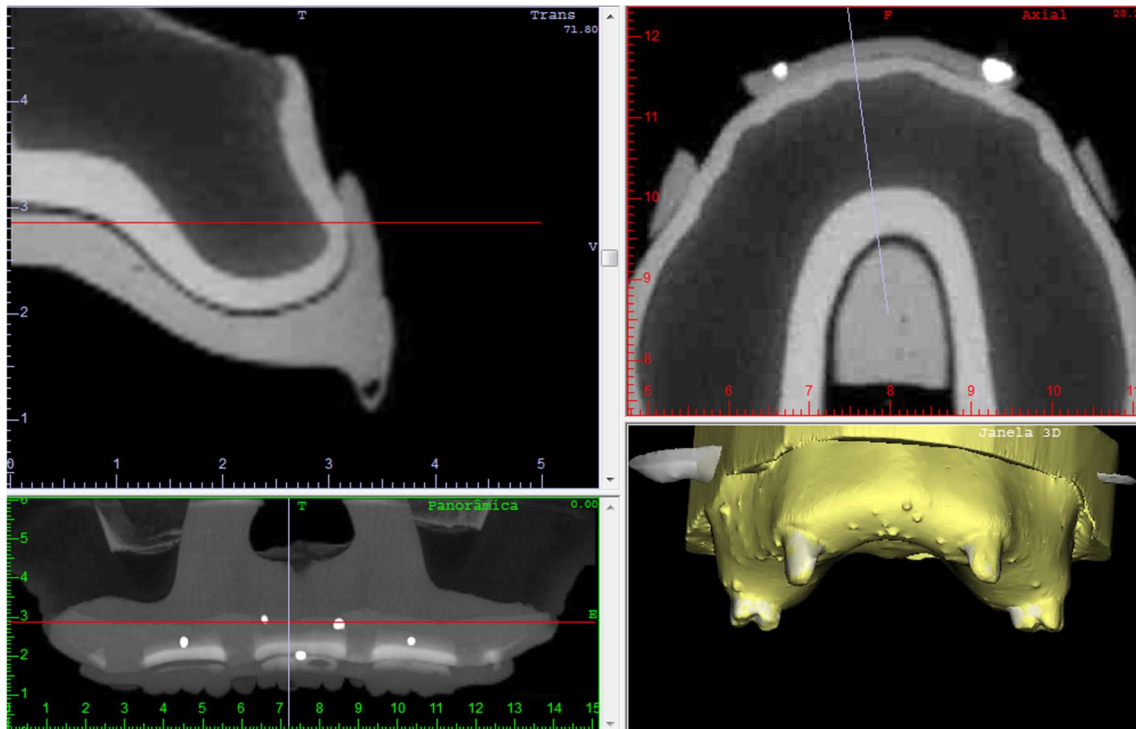
Utilizamos el mismo fichero Dental Slice del modelo que ya habíamos obtenido para el Grupo 1. Hemos ocultado con el software los implantes planificados y borrado los implantes del grupo 2.





**Ilustración 14. TAC del modelo.**

Con el Software Converter se ha realizado el vaciado virtual de la impresión que se superpone a la imagen tridimensional del TAC del modelo marcando tres puntos de referencia en el TAC del modelo maxilar y en la de la imagen 3D de la arcada y de los dientes encerados obtenida a partir de la tomografía de la impresión.



**Ilustración 15.** TAC y visualización en la ventana 3D de la arcada obtenida (en color ocre), con el vaciado virtual de la impresión utilizando el Converter.

Por el proceso de segmentación realizada con el software Converter, podemos ver por separado la imagen de los dientes de la futura prótesis obtenida con la silicona radiopaca Silix y el vaciado de la impresión que corresponde a la arcada dental del modelo maxilar prototipado.

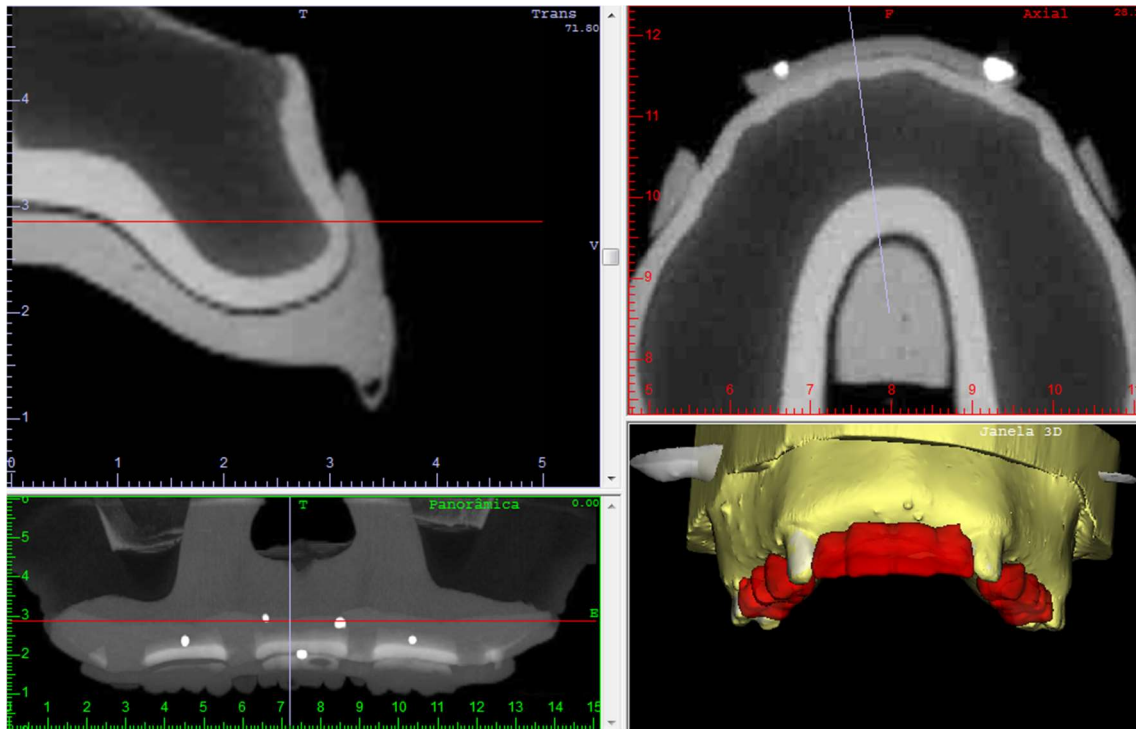


Ilustración 16. Superposición de la imagen correspondiente a la prótesis en color rojo.

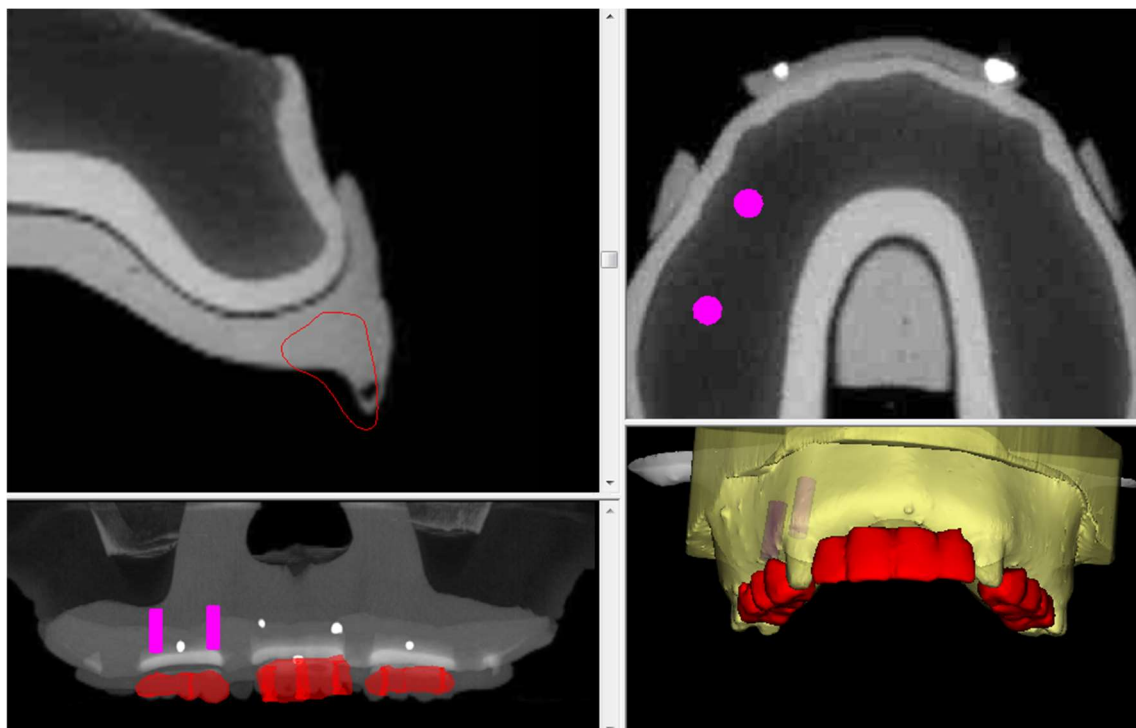
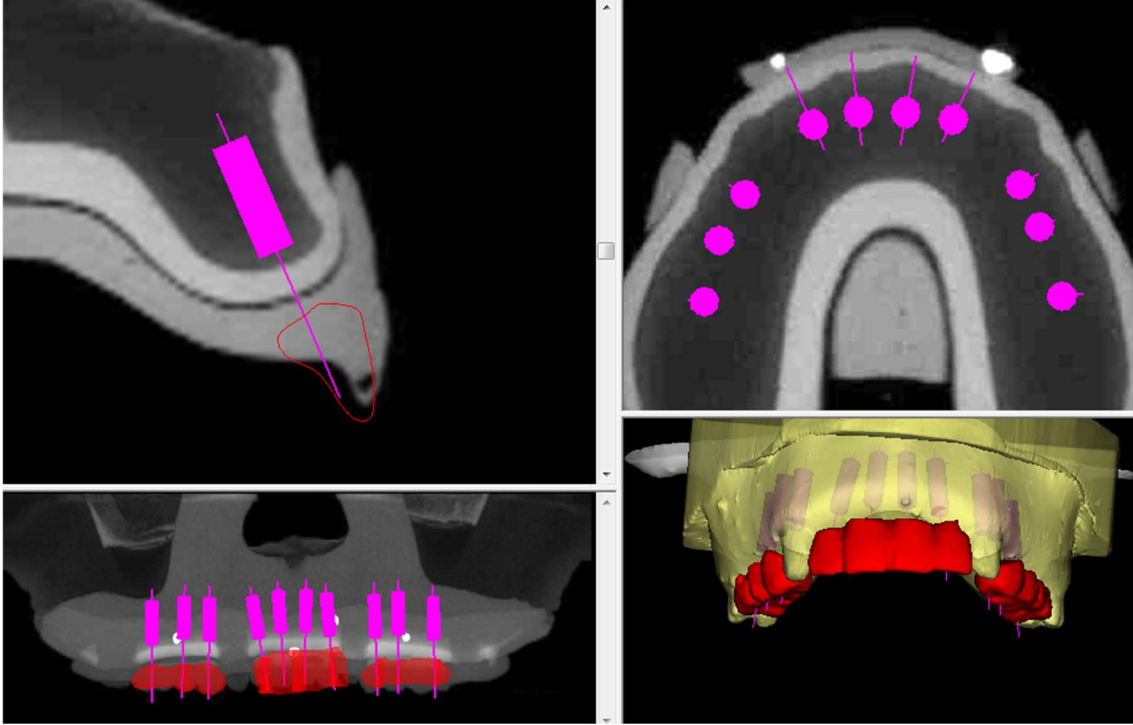


Ilustración 17. Planificación de los implantes del Grupo 2 correspondiente a los dientes 14 y 16.

Tras planificar los implantes del Grupo 2, seguidamente desocultamos el resto de los implantes previamente planificados.



**Ilustración 18. Planificación completa.**

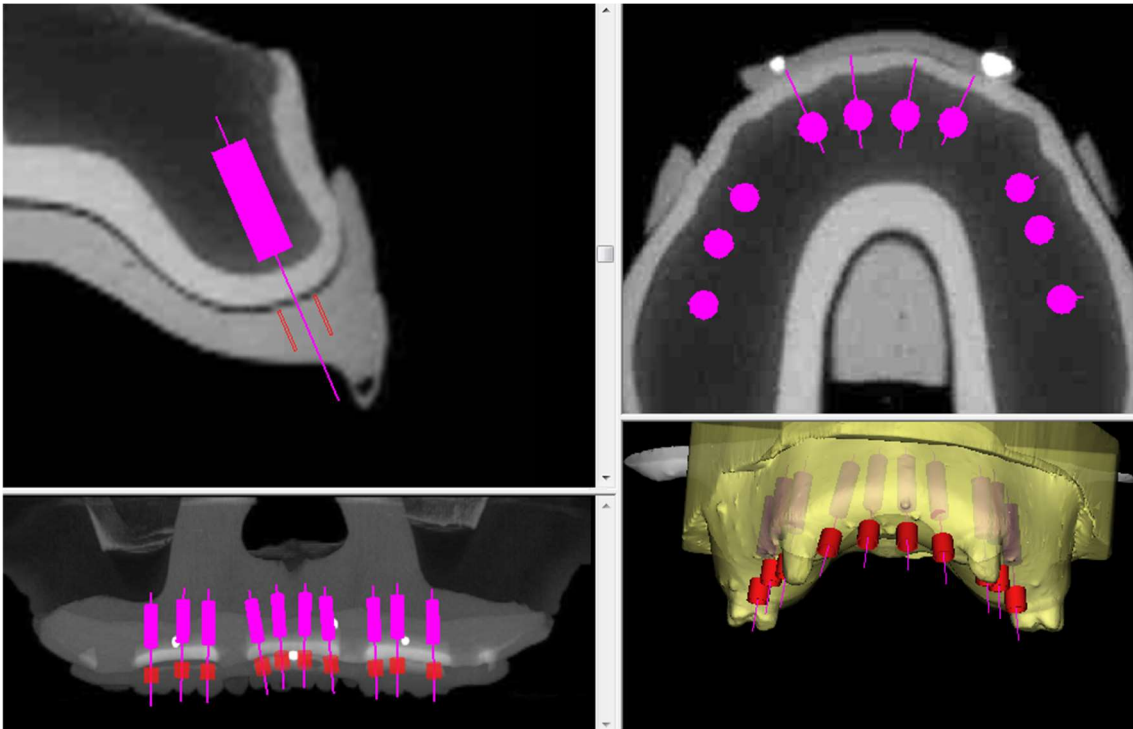


Ilustración 19. Planificación completa, viendo las anillas cilíndricas (en color rojo) que dirigen las perforaciones y la colocación guiada de los implantes.

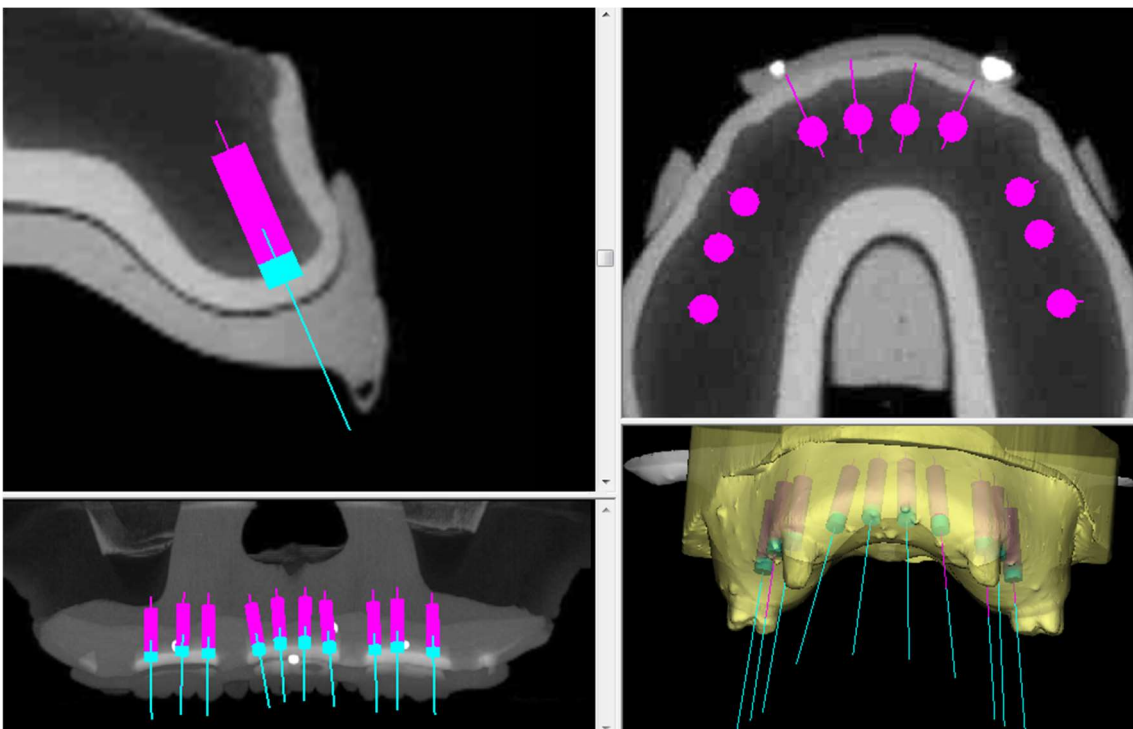


Ilustración 20. Planificación con los componentes transeptales.

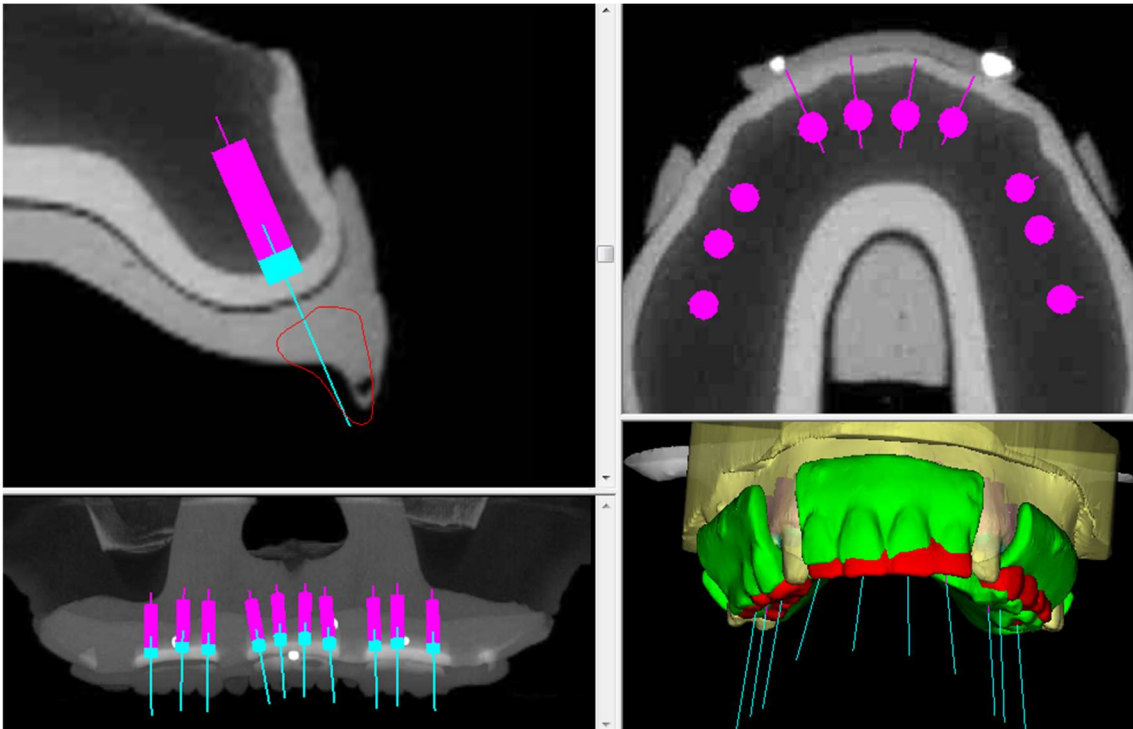


Ilustración 21. Planificación completa con los dos sistemas de cirugía guiada

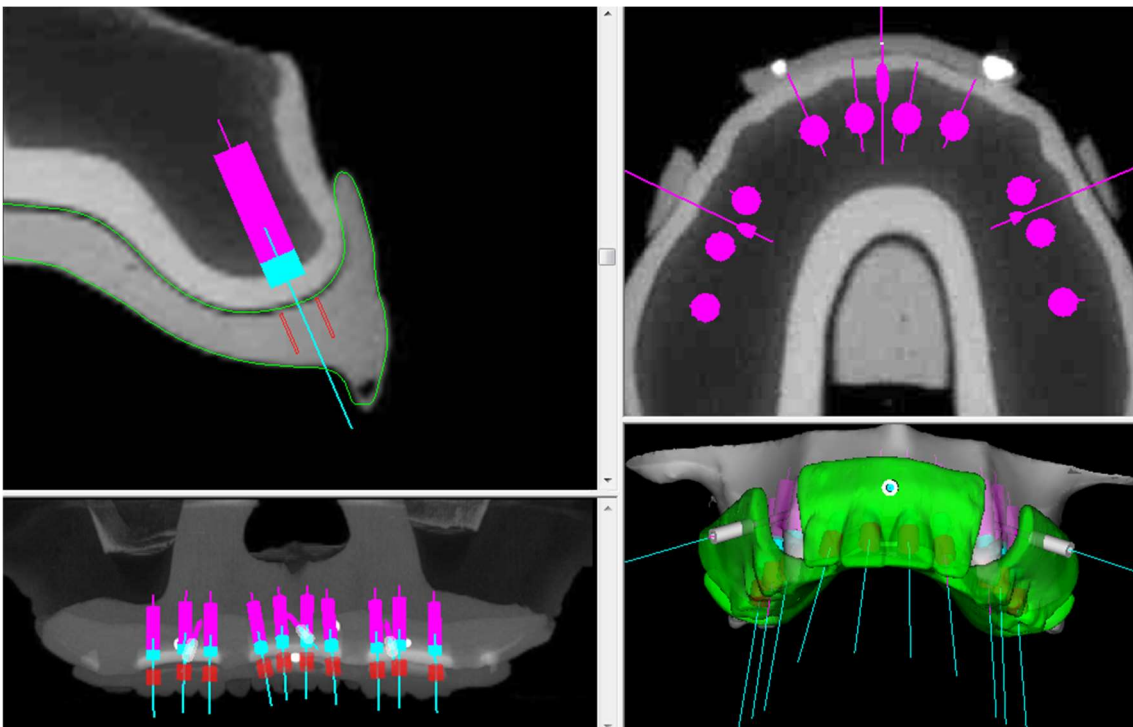
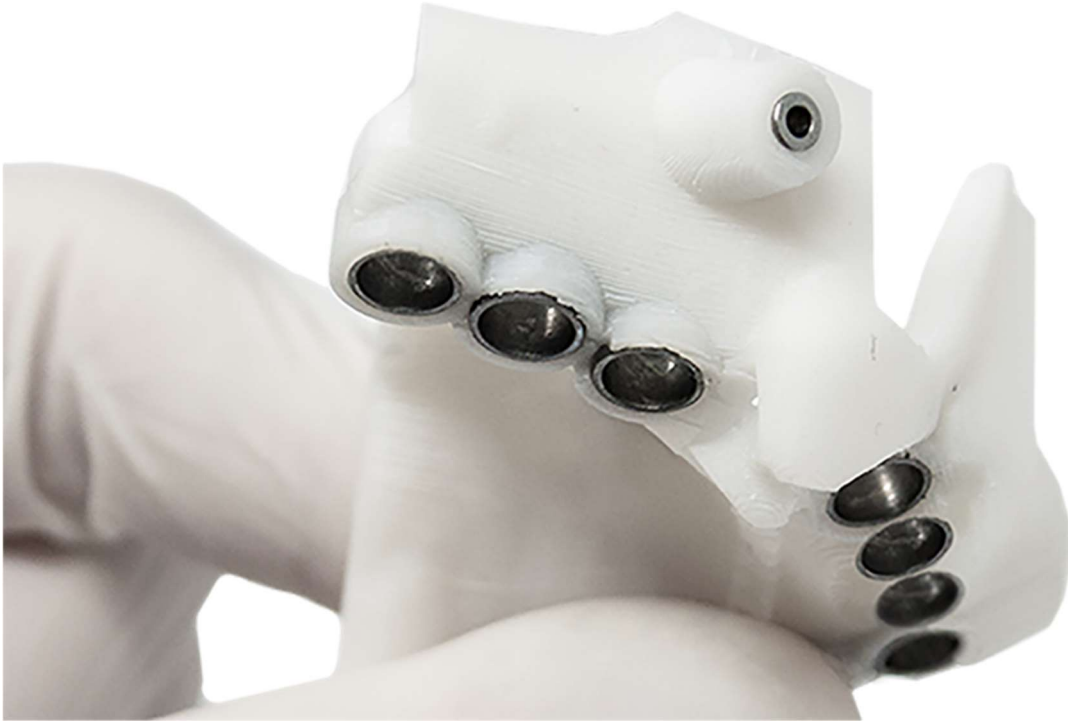


Ilustración 22. Planificación final con los pines para la sujeción de la guía quirúrgica en boca. Archivo final que el implantólogo envía para la fabricación de la guía quirúrgica.



A partir de la planificación, Bioparts elaboró la férula o guía quirúrgica para colocar los implantes en los modelos maxilares prototipados, obtenida por las dos maneras de planificación.



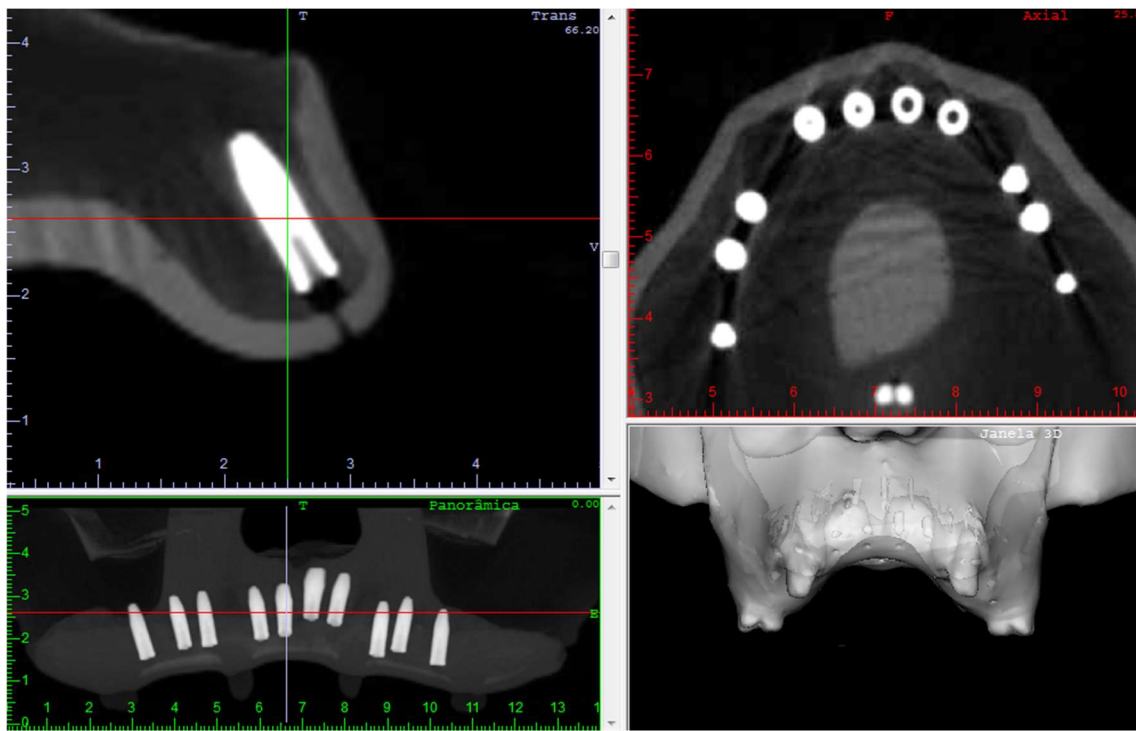
**Ilustración 23. Férula o Guía quirúrgica estereolitográfica.**

La Guía quirúrgica estereolitográfica se elaboró con la impresora SLA-250/50 (3D System USA) utilizando la resina Accura 25 (3D System USA) según el protocolo con anillas metálicas de Bioparts.

Los implantes se colocaron con el Kit de instrumental para cirugía guiada Raptor 3,5 de Bioparts.

Una vez colocados todos los implantes en los modelos maxilares prototipados, se realizó una nueva tomografía a cada modelo para ser convertida en una imagen 3D por medio del Software Converter y compararla con la imagen 3D de la planificación para poder comprobar la precisión de posicionamiento de los implantes.

La sobreposición de las imágenes 3D postoperatorias del TAC realizado en cada uno de los 10 modelos maxilares prototipados con la imagen 3D de la planificación virtual, permite el análisis de eventuales discrepancias entre los implantes planeados y los instalados, conforme a la metodología anteriormente descrita. Utilizando el software Converter, se midieron las variaciones de las desviaciones lineales y angulares de los implantes planeados y los ejecutados.



**Ilustración 24.** Visualización de la posición obtenida tras la colocación de los implantes a partir del TAC una vez realizada la conversión.



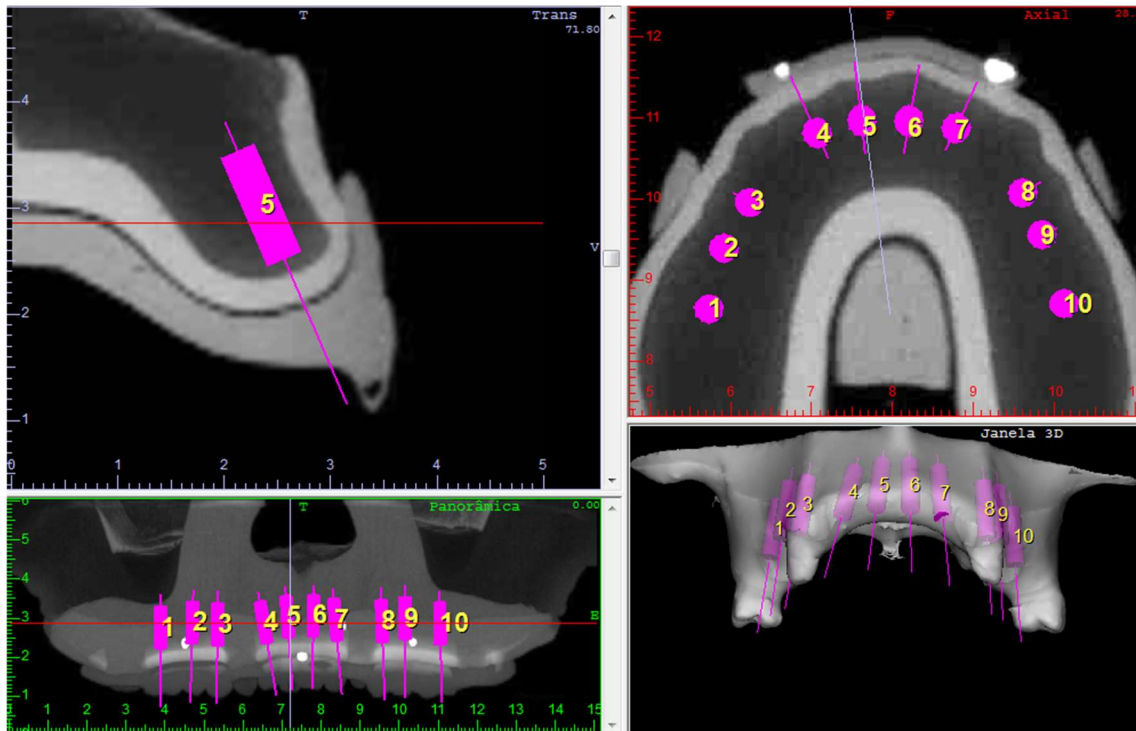


Ilustración 25. Planificación.

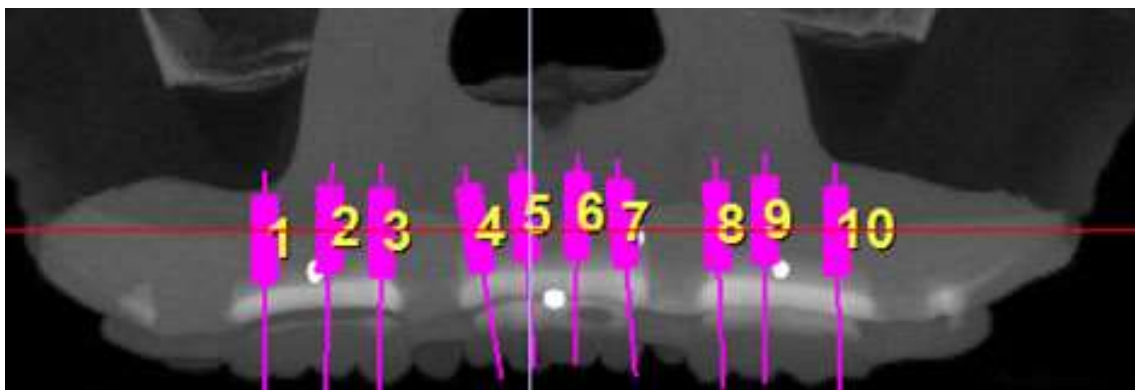
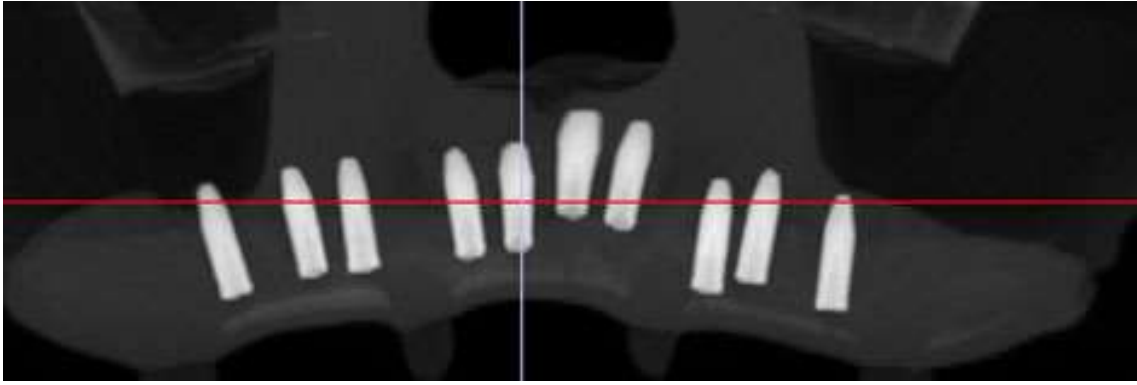
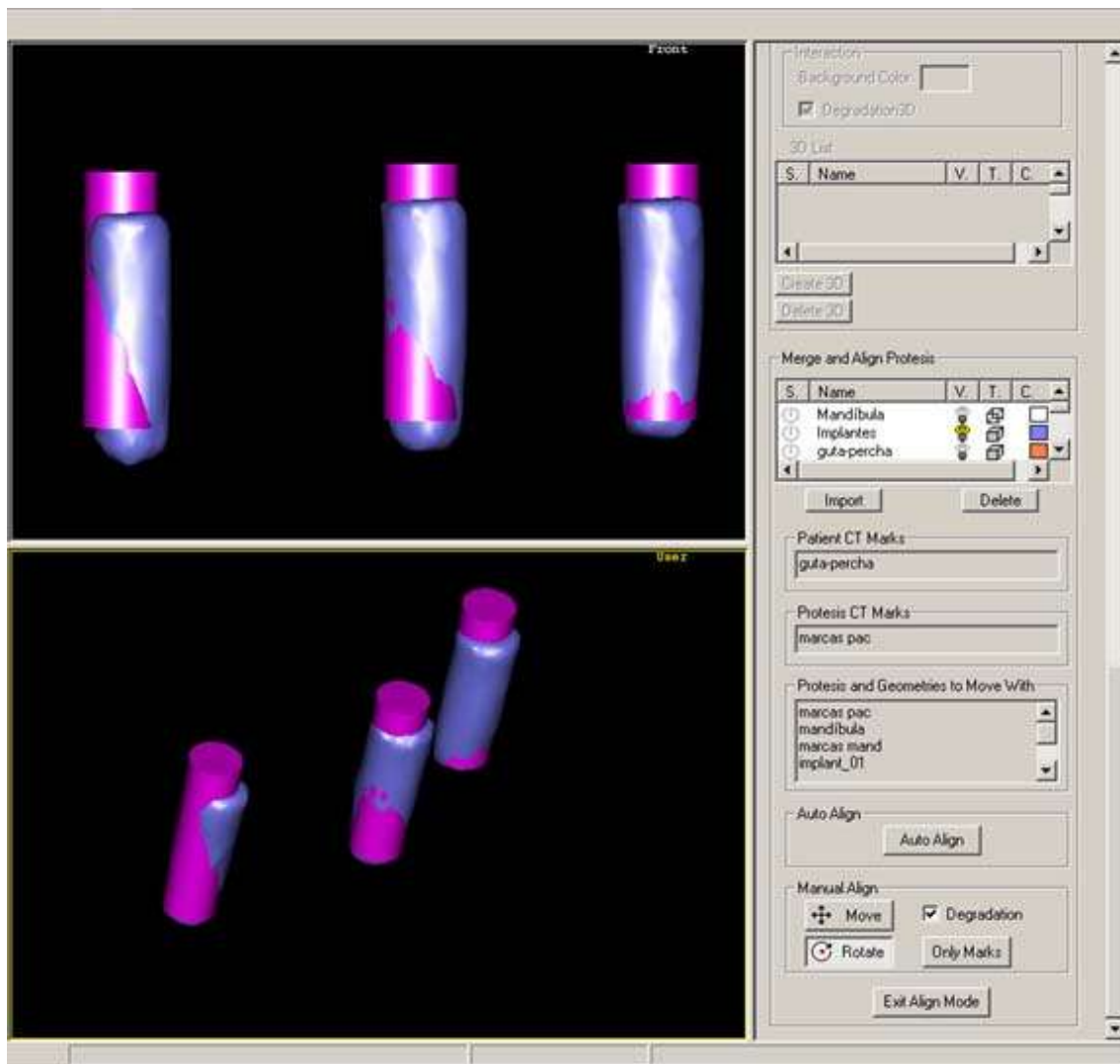


Ilustración 26. Planificación; visualización ampliada.



**Ilustración 27. Implantes colocados.**

Con el método de sobreposición se puede realizar la evaluación postoperatoria de la exactitud.



**Ilustración 28.** Representación gráfica de la superposición de los implantes planificados y los colocados.

Se midieron las desviaciones lineales y angulares del posicionamiento de los implantes en relación al planeamiento inicial.

Se tomaron las siguientes cuatro referencias:

Punto medio en el límite apical del implante

Punto medio central del implante

Punto medio coronal del implante

Vector de dirección trazado sobre el eje largo del implante

Viendo la posición planeada del implante y la posición real en que quedó cada implante, se realizó las mediciones en distancia entre estos tres puntos para calcular la desviación lineal.

La desviación angular se calculó por el ángulo que formaban los vectores de dirección del implante planeado y el de la posición real.

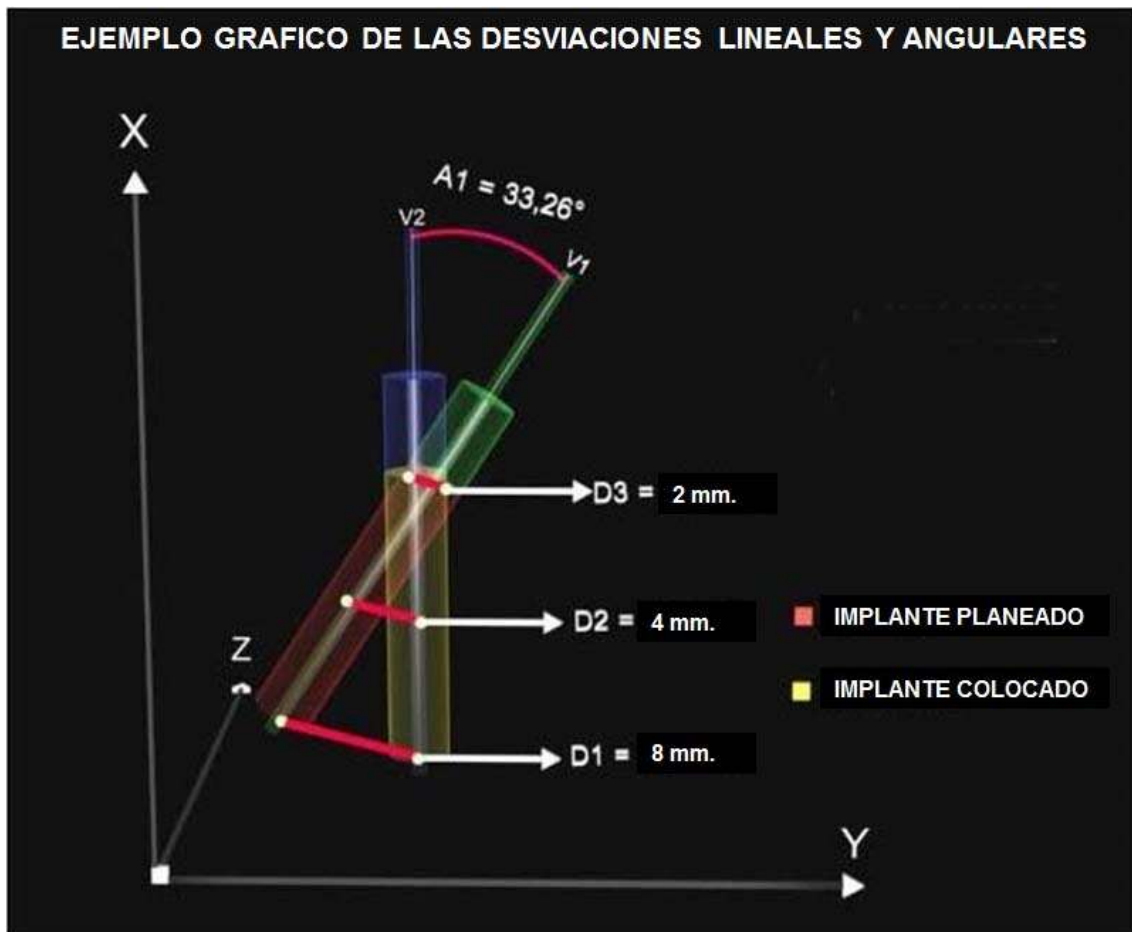


Ilustración 29. Ejemplo gráfico de los puntos y ángulo de medición de las discrepancias o desviaciones entre los implantes planeados y los colocados.

## *ANÁLISIS ESTADÍSTICO*

El análisis estadístico se realizó en dos fases: un análisis estadístico descriptivo y un análisis inferencial.

Objetivos:

Evaluar si los grupos experimentales presentan una desviación menor que el grupo convencional.

Evaluar si existen diferencias entre ambos grupos experimentales.

Se creó la base de datos en Microsoft Excel y los análisis se realizaron mediante el programa informático R, versión 3.6.1, del R Development Core Team, lenguaje de programación estadística de código abierto similar al SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences).

### *Análisis estadístico descriptivo*

Se realizan 60 experimentos para valorar las desviaciones de los implantes dentales colocados, en tres grupos diferentes: uno convencional (grupo 3: dientes 15 y 25) y dos experimentales (grupo 1: dientes 24 y 26, y grupo 2: dientes 14 y 16).

Variables respuesta: 4 variables respuesta:

Desviación LINEAL en milímetros: coronal, medial y apical

Y desviación ANGULAR en grados sexagesimales.

Variables explicativas: Grupo (1, 2 o 3) y número dental.

Se calcularon los principales estadísticos descriptivos para cada una de las variables en cada uno de los grupos.

## Análisis estadístico inferencial

Se realizó el test de normalidad Shapiro Wilk, porque el tamaño de la muestra en cada grupo es pequeño, aplicado a las variables coronal, medial, apical y angular.

Al demostrar la falta de normalidad de las variables, se usaron test no paramétricos para su análisis.

Con el test no paramétrico de Kruskal-Wallis, se buscaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos conformados según técnicas empleadas y entre los implantes de cada diente, para las cuatro variables analizadas.

Para poder utilizar el test Kruskal-Wallis, se comprobó la condición de Homocedasticidad de las Varianzas en los grupos (varianzas iguales), en este caso se utiliza la prueba de Levene. Al no cumplirse la condición se realiza la transformación logarítmica.

Con el fin de conocer entre qué grupos (con sus números de piezas dentales), se producen tales diferencias, se aplicó el test post hoc de Tukey a las cuatro variables objeto de estudio.

Para corroborar las similitudes entre los grupos 1 y 2, se emplea el Test o prueba Wilcoxon.

Los análisis inferenciales se realizaron con un nivel de significación del 5%.

## ***REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA RESPECTO A LA PRECISIÓN Y EFICIENCIA DE LA TÉCNICA***

Del análisis de las bases bibliográficas Medline, PubMed, SciELO, Scopus, Google Scholar y publicaciones del sector odontológico se realizó una revisión sistemática de búsqueda con las siguientes palabras clave en español y en inglés: “cirugía guiada”, “implantes dentales”, “guía quirúrgica”, “implantología oral”, “guías de perforación personalizadas”, “cirugía asistida por computadora”, “plantilla quirúrgica”, “férula quirúrgica”, “férula radiológica” “planificación inversa” “cirugía mínimamente invasiva” , “implante dental”, “osteointegración”, “prótesis inmediata”, “función inmediata”, “estabilidad primaria”, “software de planificación”, “implantes de cono morse”, “complicaciones de los implantes dentales”, “cirugía navegada”.

Se han recogido 3920 referencias. Los criterios de inclusión fueron la relación o repercusión con respecto a la precisión, eficiencia y la aplicación clínica de la colocación de implantes dentales guiados por computadora, basado en plantillas o guías quirúrgicas.

## ***CONSIDERACIONES ÉTICAS***

Al tratarse de un estudio experimental en modelos prototipados de maxilares, realizado en el laboratorio sin usar ningún material humano ni datos de pacientes, no está indicada la presentación del trabajo en un comité de ética de la investigación. No considero tenga problemas éticos.

Declaro no tener ningún conflicto de intereses.

# RESULTADOS

## Análisis estadístico descriptivo

Los datos de desviación lineal y angular de los implantes dentales se recogieron en una tabla.

IMPLANTE: DESVIACIÓN:	GRUPO 1				GRUPO 2				GRUPO 3				
	LINEAL			ANGULAR	LINEAL			ANGULAR	LINEAL			ANGULAR	
	CORONAL	MEDIAL	APICAL		CORONAL	MEDIAL	APICAL		CORONAL	MEDIAL	APICAL		
GRUPO 1	PROTOTIPO 1												
	24	1,46	1,52	1,61	2,1								
	26	1,45	1,47	1,48	0,3								
GRUPO 2					PROTOTIPO 2								
	14					0,55	0,66	0,8	1,5				
	16					0,52	0,67	0,85	1,9				
GRUPO 3									PROTOTIPO 3				
	15									0,76	0,98	1,25	2,9
	25									0,67	0,95	1,49	5,8
	PROTOTIPO 4												
	24	0,39	0,45	0,53	0,9								
	26	0,86	0,97	1,18	2,9								
	14					0,58	0,67	0,75	0,9				
	16					0,51	0,6	0,7	1				
	15									1,08	1,39	2,19	12,8
	25									0,98	0,7	1,4	8,6
	PROTOTIPO 5												
	24	0,52	0,62	0,75	1,5								
	26	0,3	0,45	0,74	1,3								
	14					0,53	0,63	0,75	1,4				
	16					0,51	0,53	0,57	0,4				
	15									1,32	1,69	2,2	4,8
	25									0,52	0,69	0,98	2,5
	PROTOTIPO 6												
	24	0,53	0,67	0,83	1,8								
	26	0,49	0,66	0,89	2,4								
	14					0,52	0,62	0,75	1,1				
	16					0,48	0,64	0,86	2,4				
	15									1,47	1,55	1,67	3
	25									1,45	1,47	1,6	3,9
	PROTOTIPO 7												
	24	0,33	0,55	0,81	2,4								
	26	0,5	0,6	0,72	1,2								
	14					0,51	0,64	0,8	1,8				
	16					0,54	0,67	0,8	1,6				
	15									0,69	0,96	1,51	5,7
	25									1,56	1,88	2,28	4,5
	PROTOTIPO 8												
	24	0,53	0,67	0,8	1,7								
	26	0,38	0,55	0,74	1,8								
	14					0,31	0,49	0,72	2,1				
	16					0,05	0,3	0,58	2,4				
	15									2,24	2,42	2,63	6,3
	25									1,31	1,66	2,1	4,7



PROTOTIPO 7												
24	0,1	0,31	0,51	1,8								
26	0,32	0,51	0,72	1,6								
14					0,49	0,64	0,84	2,2				
16					0,75	0,95	1,19	2,8				
15									1,25	1,29	2,2	5,9
25									1,87	2,09	2,36	3,7
PROTOTIPO 8												
24	0,51	0,66	0,87	2,2								
26	0,81	0,95	1,11	1,8								
14					0,52	0,65	0,78	1,6				
16					0,34	0,5	0,79	2,2				
15									2,02	1,86	2,17	3,4
25									0,75	0,82	1,02	3,1
PROTOTIPO 9												
24	1,45	1,52	1,66	2,9								
26	0,92	0,97	1,04	1								
14					1,49	1,52	1,61	1,1				
16					0,88	0,97	1,1	1,9				
15									1,49	1,58	1,78	3,2
25									2,11	1,99	2,31	3,5
PROTOTIPO 10												
24	0,13	0,32	0,49	1,6								
26	0,07	0,31	0,55	2,2								
14					0,88	0,95	1,02	0,8				
16					0,47	0,67	0,94	2,9				
15									0,89	1,07	1,29	2,9
25									1,84	1,99	2,3	3,6
MEDIA:	0,6025	0,7365	0,9015	1,77	0,5715	0,6985	0,86	1,7	1,3135	1,4515	1,8365	4,74

**Ilustración 30. Datos obtenidos recogidos en una tabla de Excel.**

Los datos de la tabla se procesan primero clasificando por técnicas de implantes para su análisis de la siguiente forma:

#	CORONAL	MEDIAL	APICAL	ANGULAR	GRUPO
1	1,46	1,52	1,61	2,1	1
2	1,45	1,47	1,48	0,3	1
3	0,55	0,66	0,80	1,5	2
4	0,52	0,67	0,85	1,9	2
5	0,76	0,98	1,25	2,9	3
6	0,67	0,95	1,49	5,8	3
7	0,39	0,45	0,53	0,9	1
8	0,86	0,97	1,18	2,9	1
9	0,58	0,67	0,75	0,9	2
10	0,51	0,60	0,70	1,0	2
11	1,08	1,39	2,19	12,8	3
12	0,98	0,70	1,40	8,6	3
13	0,52	0,62	0,75	1,5	1
14	0,30	0,45	0,74	1,3	1
15	0,53	0,63	0,75	1,4	2
16	0,51	0,53	0,57	0,4	2
17	1,32	1,69	2,20	4,8	3
18	0,52	0,69	0,98	2,5	3
19	0,53	0,67	0,83	1,8	1

20	0,49	0,66	0,89	2,4	1
21	0,52	0,62	0,75	1,1	2
22	0,48	0,64	0,86	2,4	2
23	1,47	1,55	1,67	3,0	3
24	1,45	1,47	1,60	3,9	3
25	0,33	0,55	0,81	2,4	1
26	0,50	0,60	0,72	1,2	1
27	0,51	0,64	0,80	1,8	2
28	0,54	0,67	0,80	1,6	2
29	0,69	0,96	1,51	5,7	3
30	1,56	1,88	2,28	4,5	3
31	0,53	0,67	0,80	1,7	1
32	0,38	0,55	0,74	1,8	1
33	0,31	0,49	0,72	2,1	2
34	0,05	0,30	0,58	2,4	2
35	2,24	2,42	2,63	6,3	3
36	1,31	1,66	2,10	4,7	3
37	0,10	0,31	0,51	1,8	1
38	0,32	0,51	0,72	1,6	1
39	0,49	0,64	0,84	2,2	2
40	0,75	0,95	1,19	2,8	2
41	1,25	1,29	2,20	5,9	3
42	1,87	2,09	2,36	3,7	3
43	0,51	0,66	0,87	2,2	1
44	0,81	0,95	1,11	1,8	1
45	0,52	0,65	0,78	1,6	2
46	0,34	0,50	0,79	2,2	2
47	2,02	1,86	2,17	3,4	3
48	0,75	0,82	1,02	3,1	3
49	1,45	1,52	1,66	2,9	1
50	0,92	0,97	1,04	1,0	1
51	1,49	1,52	1,61	1,1	2
52	0,88	0,97	1,10	1,9	2
53	1,49	1,58	1,78	3,2	3
54	2,11	1,99	2,31	3,5	3
55	0,13	0,32	0,49	1,6	1
56	0,07	0,31	0,55	2,2	1
57	0,88	0,95	1,02	0,8	2
58	0,47	0,67	0,94	2,9	2
59	0,89	1,07	1,29	2,9	3
60	1,84	1,99	2,30	3,6	3

Tabla 1. Datos para el procesamiento estadístico, variables agrupadas por técnicas de implantes.

Y luego como aparece a continuación agrupando por implantes dentales:

<b>Implantes en dientes:</b>	<b>CORONAL</b>	<b>MEDIAL</b>	<b>APICAL</b>	<b>ANGULAR</b>
24	1,46	1,52	1,61	2,1
26	1,45	1,47	1,48	0,3
14	0,55	0,66	0,8	1,5
16	0,52	0,67	0,85	1,9
15	0,76	0,98	1,25	2,9
25	0,67	0,95	1,49	5,8
24	0,39	0,45	0,53	0,9
26	0,86	0,97	1,18	2,9
14	0,58	0,67	0,75	0,9
16	0,51	0,6	0,7	1
15	1,08	1,39	2,19	12,8
25	0,98	0,7	1,4	8,6
24	0,52	0,62	0,75	1,5
26	0,3	0,45	0,74	1,3
14	0,53	0,63	0,75	1,4
16	0,51	0,53	0,57	0,4
15	1,32	1,69	2,2	4,8
25	0,52	0,69	0,98	2,5
24	0,53	0,67	0,83	1,8
26	0,49	0,66	0,89	2,4
14	0,52	0,62	0,75	1,1
16	0,48	0,64	0,86	2,4
15	1,47	1,55	1,67	3
25	1,45	1,47	1,6	3,9
24	0,33	0,55	0,81	2,4
26	0,5	0,6	0,72	1,2
14	0,51	0,64	0,8	1,8
16	0,54	0,67	0,8	1,6
15	0,69	0,96	1,51	5,7
25	1,56	1,88	2,28	4,5
24	0,53	0,67	0,8	1,7
26	0,38	0,55	0,74	1,8
14	0,31	0,49	0,72	2,1
16	0,05	0,3	0,58	2,4
15	2,24	2,42	2,63	6,3
25	1,31	1,66	2,1	4,7
24	0,1	0,31	0,51	1,8
26	0,32	0,51	0,72	1,6
14	0,49	0,64	0,84	2,2

16	0,75	0,95	1,19	2,8
15	1,25	1,29	2,2	5,9
25	1,87	2,09	2,36	3,7
24	0,51	0,66	0,87	2,2
26	0,81	0,95	1,11	1,8
14	0,52	0,65	0,78	1,6
16	0,34	0,5	0,79	2,2
15	2,02	1,86	2,17	3,4
25	0,75	0,82	1,02	3,1
24	1,45	1,52	1,66	2,9
26	0,92	0,97	1,04	1
14	1,49	1,52	1,61	1,1
16	0,88	0,97	1,1	1,9
15	1,49	1,58	1,78	3,2
25	2,11	1,99	2,31	3,5
24	0,13	0,32	0,49	1,6
26	0,07	0,31	0,55	2,2
14	0,88	0,95	1,02	0,8
16	0,47	0,67	0,94	2,9
15	0,89	1,07	1,29	2,9
25	1,84	1,99	2,3	3,6

Tabla 2. Datos para el procesamiento estadístico, variables agrupadas por implantes por dientes.

Los resultados del cálculo de los principales descriptivos de las variables agrupadas por técnicas, aparece a continuación:

Variable: CORONAL

Grupo	Media	SD	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
1	0,6025	0,4310681	0,4950	0,07	0,3275	0,505	0,8225	1,46	20
2	0,5715	0,2816918	0,0700	0,05	0,4875	0,520	0,5575	1,49	20
3	1,3135	0,5190809	0,7725	0,52	0,8575	1,315	1,6300	2,24	20

Tabla 3. Descriptivos por grupos de la variable coronal.

Variable: MEDIAL

<b>Grupo</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>IQR</b>	<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>	<b>n</b>
1	0,7365	0,3835743	0,460	0,31	0,495	0,640	0,955	1,52	20
2	0,6985	0,2495317	0,055	0,30	0,615	0,645	0,670	1,52	20
3	1,4515	0,5045715	0,890	0,69	0,975	1,510	1,865	2,42	20

Tabla 4. Descriptivos por grupos de la variable medial.

Variable: APICAL

<b>Grupo</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>IQR</b>	<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>	<b>n</b>
1	0,9015	0,3480967	0,3375	0,49	0,7200	0,805	1,0575	1,66	20
2	0,8600	0,2325601	0,1300	0,57	0,7500	0,800	0,8800	1,61	20
3	1,8365	0,4950415	0,7525	0,98	1,4675	1,940	2,2200	2,63	20

Tabla 5. Descriptivos por grupos de la variable apical.

Variable: ANGULAR

<b>Grupo</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>IQR</b>	<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>	<b>n</b>
1	1,77	0,6497773	0,75	0,3	1,450	1,8	2,200	2,9	20
2	1,70	0,6836435	1,10	0,4	1,100	1,7	2,200	2,9	20
3	4,74	2,4284281	2,55	2,5	3,175	3,8	5,725	12,8	20

Tabla 6. Descriptivos por grupos de la variable angular.

Los descriptivos de los datos agrupados por implantes en dientes se pueden apreciar en las tablas de la 7 a la 10.

<b>Grupo</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>IQR</b>	<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>	<b>n</b>
Diente 14	0,638	0,3301447	0,0600	0,31	0,5125	0,525	0,5725	1,49	10
Diente 15	1,321	0,5105215	0,5475	0,69	0,9375	1,285	1,4850	2,24	10

Diente 16	0,505	0,2206682	0,0625	0,05	0,4725	0,510	0,5350	0,88	10
Diente 24	0,595	0,4800521	0,1850	0,10	0,3450	0,515	0,5300	1,46	10
Diente 25	1,306	0,5550415	0,9625	0,52	0,8075	1,380	1,7700	2,11	10
Diente 26	0,610	0,4021332	0,5125	0,07	0,3350	0,495	0,8475	1,45	10

Tabla 7. Descriptivos por implantes en dientes de la variable coronal.

Grupo	Media	SD	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
Diente 14	0,747	0,2944694	0,0350	0,49	0,6325	0,645	0,6675	1,52	10
Diente 15	1,479	0,4496530	0,5375	0,96	1,1250	1,470	1,6625	2,42	10
Diente 16	0,650	0,1987740	0,1225	0,30	0,5475	0,655	0,6700	0,97	10
Diente 24	0,729	0,4381387	0,1950	0,31	0,4750	0,640	0,6700	1,52	10
Diente 25	1,424	0,5775850	1,1100	0,69	0,8525	1,565	1,9625	2,09	10
Diente 26	0,744	0,3442609	0,4450	0,31	0,5200	0,630	0,9650	1,47	10

Tabla 8. Descriptivos por implantes en dientes de la variable medial.

Grupo	Media	SD	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
Diente 14	0,882	0,2693944	0,0800	0,72	0,7500	0,790	0,8300	1,61	10
Diente 15	1,889	0,4573705	0,6475	1,25	1,5500	1,975	2,1975	2,63	10
Diente 16	0,838	0,2013179	0,1975	0,57	0,7225	0,825	0,9200	1,19	10
Diente 24	0,886	0,4194229	0,2750	0,49	0,5850	0,805	0,8600	1,66	10
Diente 25	1,784	0,5495897	0,8725	0,98	1,4225	1,850	2,2950	2,36	10
Diente 26	0,917	0,2817032	0,3675	0,55	0,7250	0,815	1,0925	1,48	10

**Tabla 9. Descriptivos por implantes en dientes de la variable apical.**

<b>Grupo</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>IQR</b>	<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>	<b>n</b>
Diente 14	1,45	0,4836206	0,650	0,8	1,100	1,45	1,750	2,2	10
Diente 15	5,09	3,0259801	2,800	2,9	3,050	4,10	5,850	12,8	10
Diente 16	1,95	0,7835106	0,725	0,4	1,675	2,05	2,400	2,9	10
Diente 24	1,89	0,5466057	0,550	0,9	1,625	1,80	2,175	2,9	10
Diente 25	4,39	1,7381024	1,125	2,5	3,525	3,80	4,650	8,6	10
Diente 26	1,65	0,7487026	0,875	0,3	1,225	1,70	2,100	2,9	10

**Tabla 10. Descriptivos por implantes en dientes de la variable angular.**

A continuación, aparecen gráficos que visualizan las diferencias entre las medianas de los 3 grupos considerados por cada variable (Ilustraciones de la 31 a la 34). En todos se observa un comportamiento similar en los grupos 1 y 2 y diferente con respecto al grupo 3. Existe un 200% más de precisión en los grupos 1 y 2 con respecto al grupo 3.

El grupo 2 tiene una precisión mayor del 5% con respecto al grupo 1.

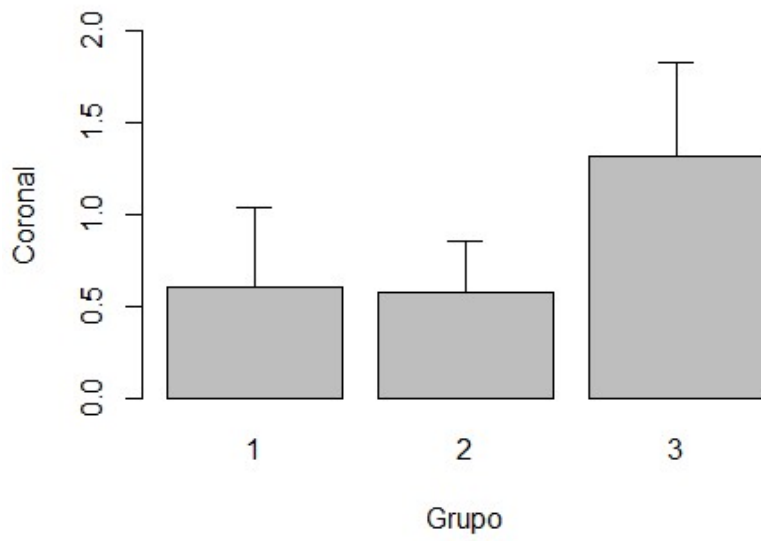


Ilustración 31. Gráfico de Box-Plot. Comparación de la variable coronal en los tres grupos.

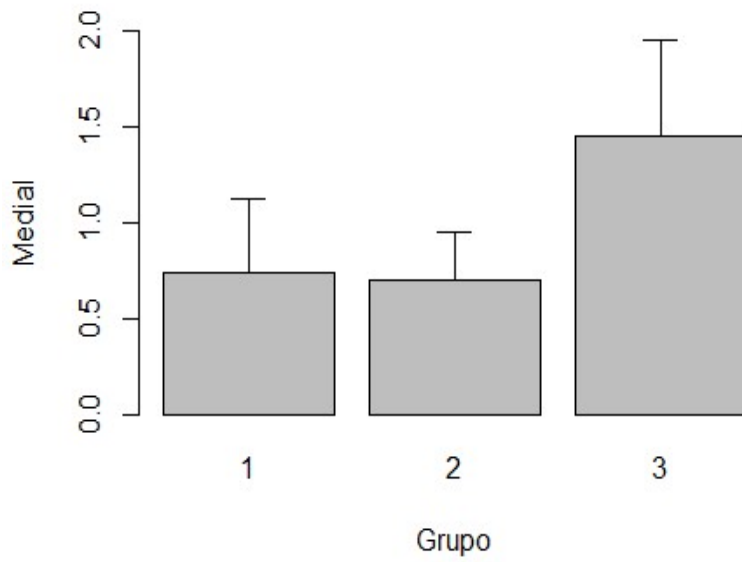


Ilustración 32. Gráfico de Box-Plot. Comparación de la variable medial en los tres grupos.



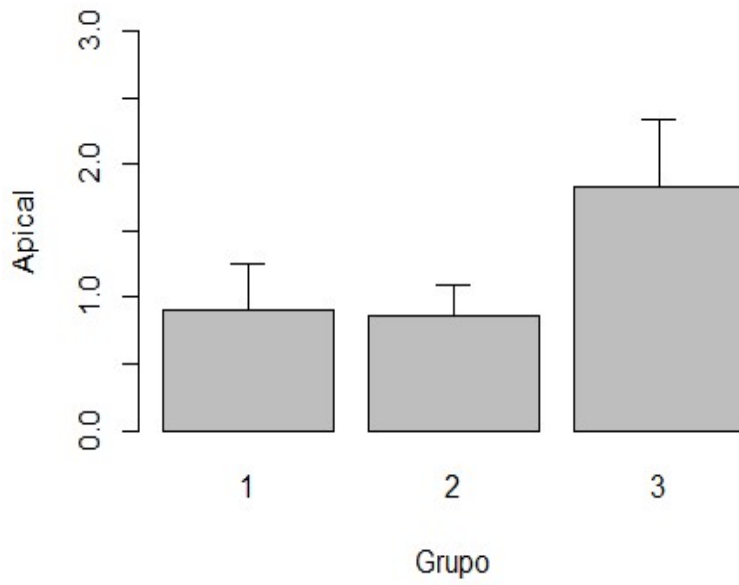


Ilustración 33. Gráfico de Box-Plot. Comparación de la variable apical en los tres grupos.

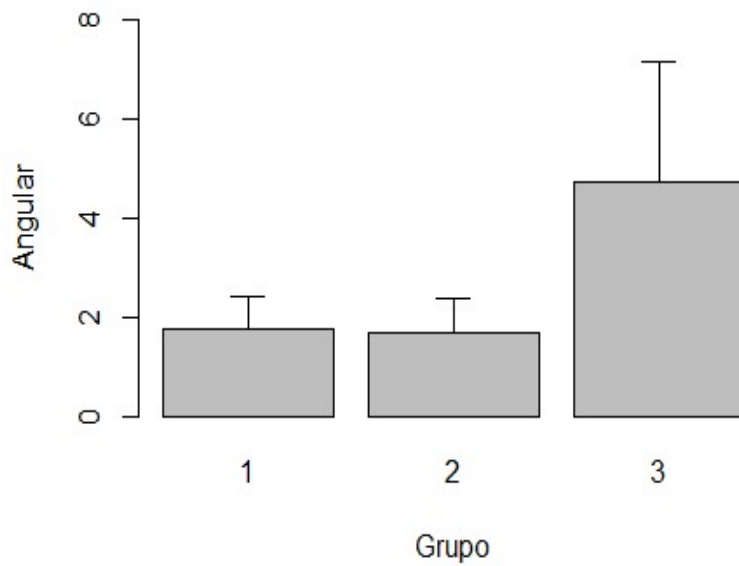
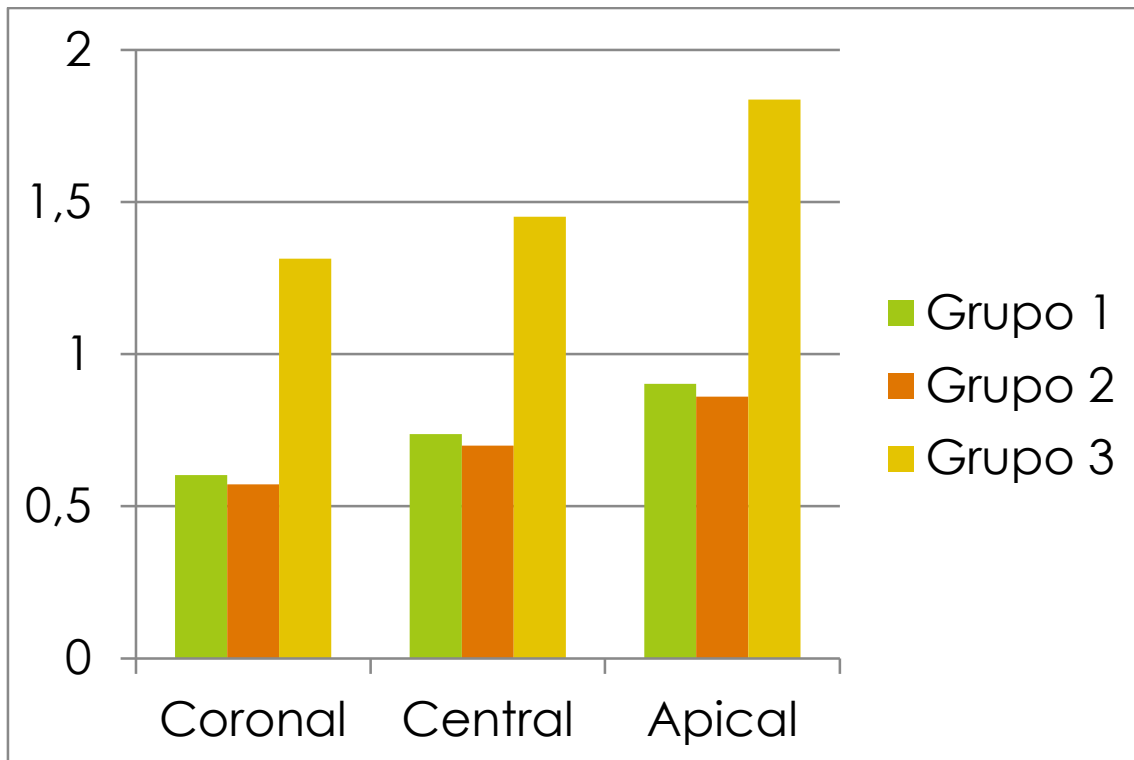


Ilustración 34. Gráfico de Box-Plot. Comparación de la variable angular en los tres grupos.

Desviación lineal en milímetros:



**Ilustración 35.** Desviación lineal en milímetros.

En cuanto a las medidas de desviación lineal entre los implantes planeados e instalados, de acuerdo con el análisis tomográfico, los implantes del Grupo 3, instalados con la técnica de apertura de apertura de colgajo con la guía quirúrgica convencional presentan una discrepancia mayor entre su planeamiento virtual y la ejecución en todos los puntos evaluados en relación a las otras dos técnicas evaluadas: Grupo 1 de tomografía convencional de la férula radiológica y Grupo 2: de nueva sistemática de tomografía de la impresión dental. Ilustración 35.

En las dos técnicas realizadas con tomografía los resultados son semejantes entre sí para todos los puntos; incluso mejores tanto en precisión lineal como angular para el Grupo 2 respecto al Grupo 1.

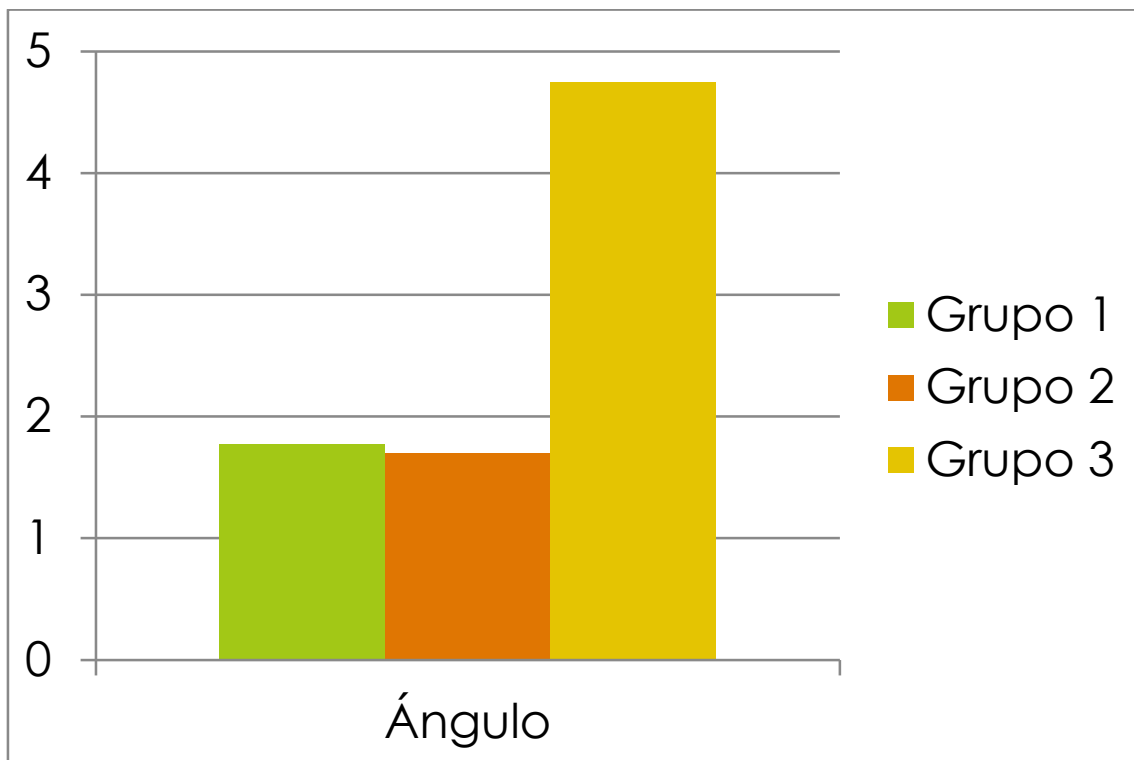


Ilustración 36. Desviación angular en grados sexagesimales.

En cuanto a las medidas de desviación angular entre los implantes planeados e instalados, de acuerdo con el análisis tomográfico, los implantes del Grupo 3, instalados con la técnica de apertura de colgajo con la guía quirúrgica convencional presentan también una discrepancia mayor entre su planeamiento virtual y la ejecución en relación a las otras dos técnicas evaluadas: Grupo 1 de tomografía convencional de la férula radiológica y Grupo 2: de nueva sistemática de tomografía de la impresión dental.

Ilustración 36.

### *Análisis estadístico inferencial*

Análisis de las variables agrupando por técnicas (grupos 1, 2 y 3):

Los resultados del test de normalidad Shapiro Wilk aplicados a las variables coronal, medial, apical y angular según grupos (Tabla 11), apoyado por los gráficos de las ilustraciones de la 37 a la 40, demuestran la falta de normalidad de las mismas ( $p < 0.05$ ), motivando ésta el uso de test no paramétricos para su análisis.

<b>Variables</b>	<b>Estadístico (W)</b>	<b>p-valor</b>
Angular	0,76772	0,00000002305
Apical	0,86852	0,00001122
Coronal	0,89729	0,000105
Medial	0,87961	0,0000257

**Tabla 11.** Resultados de la prueba de Shapiro Wilk para las cuatro variables del estudio, agrupadas por técnicas de implantes o grupos.

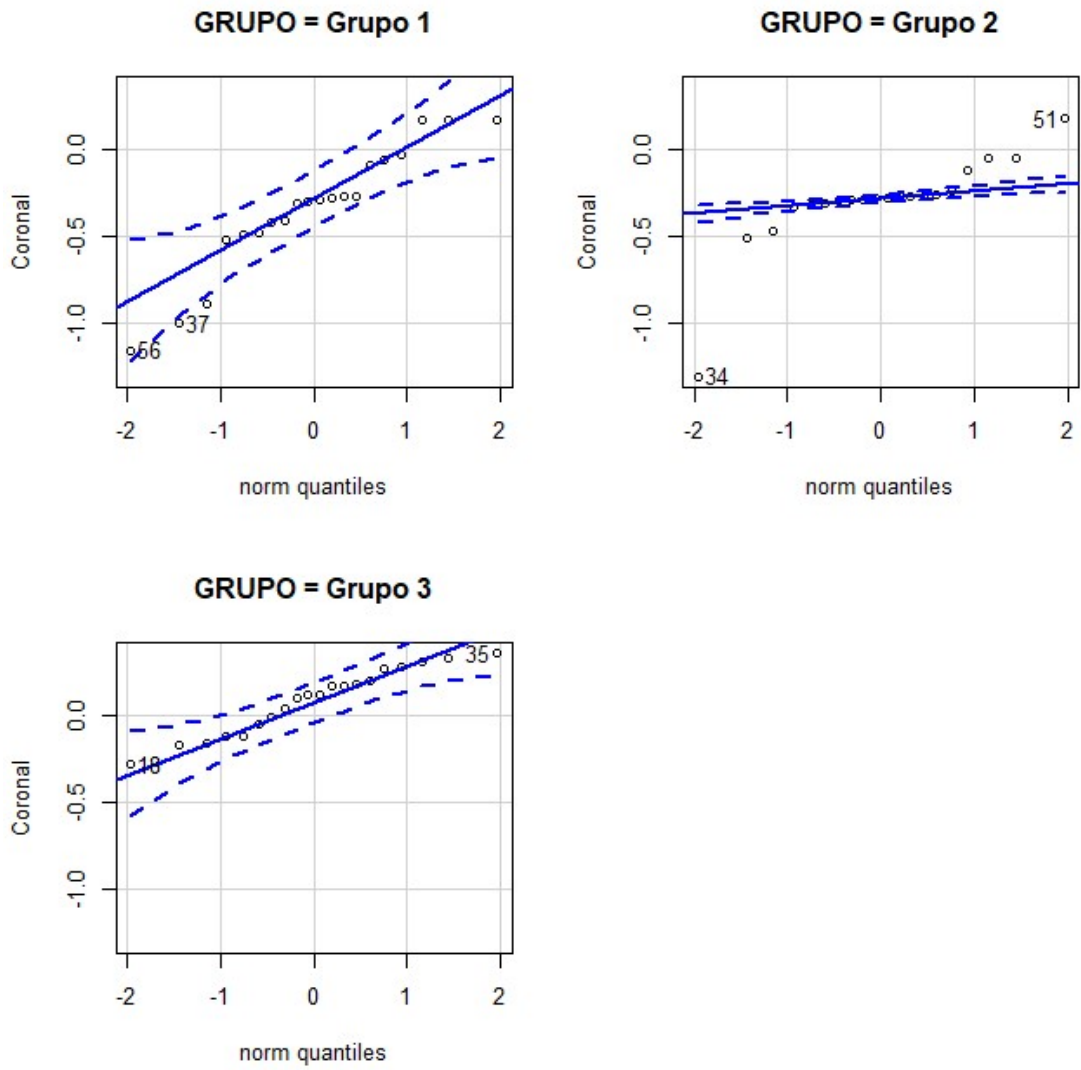


Ilustración 37. Gráficos cuantil-cuantil de la variable coronal por grupos.

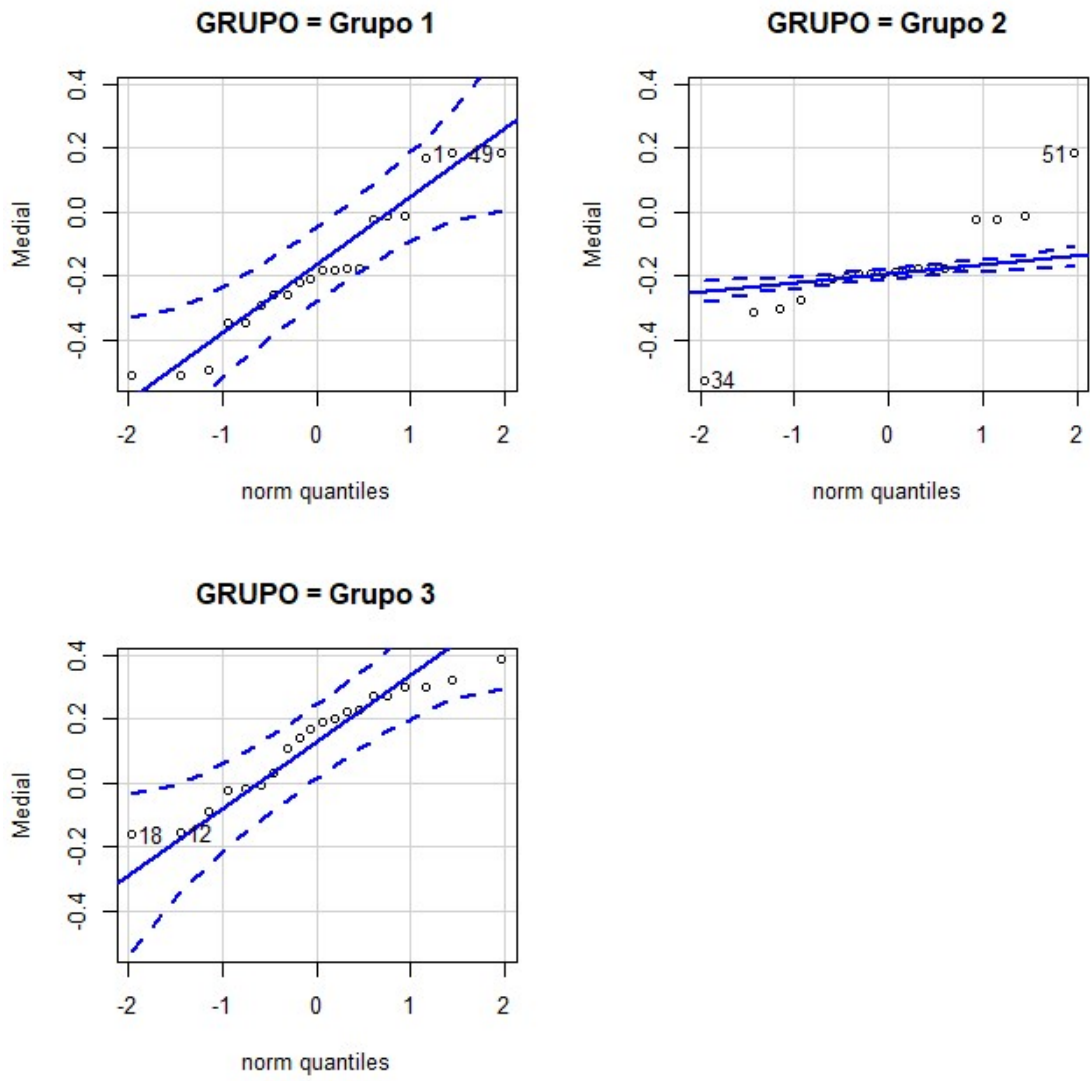


Ilustración 38. Gráficos cuantil-cuantil de la variable medial por grupos.

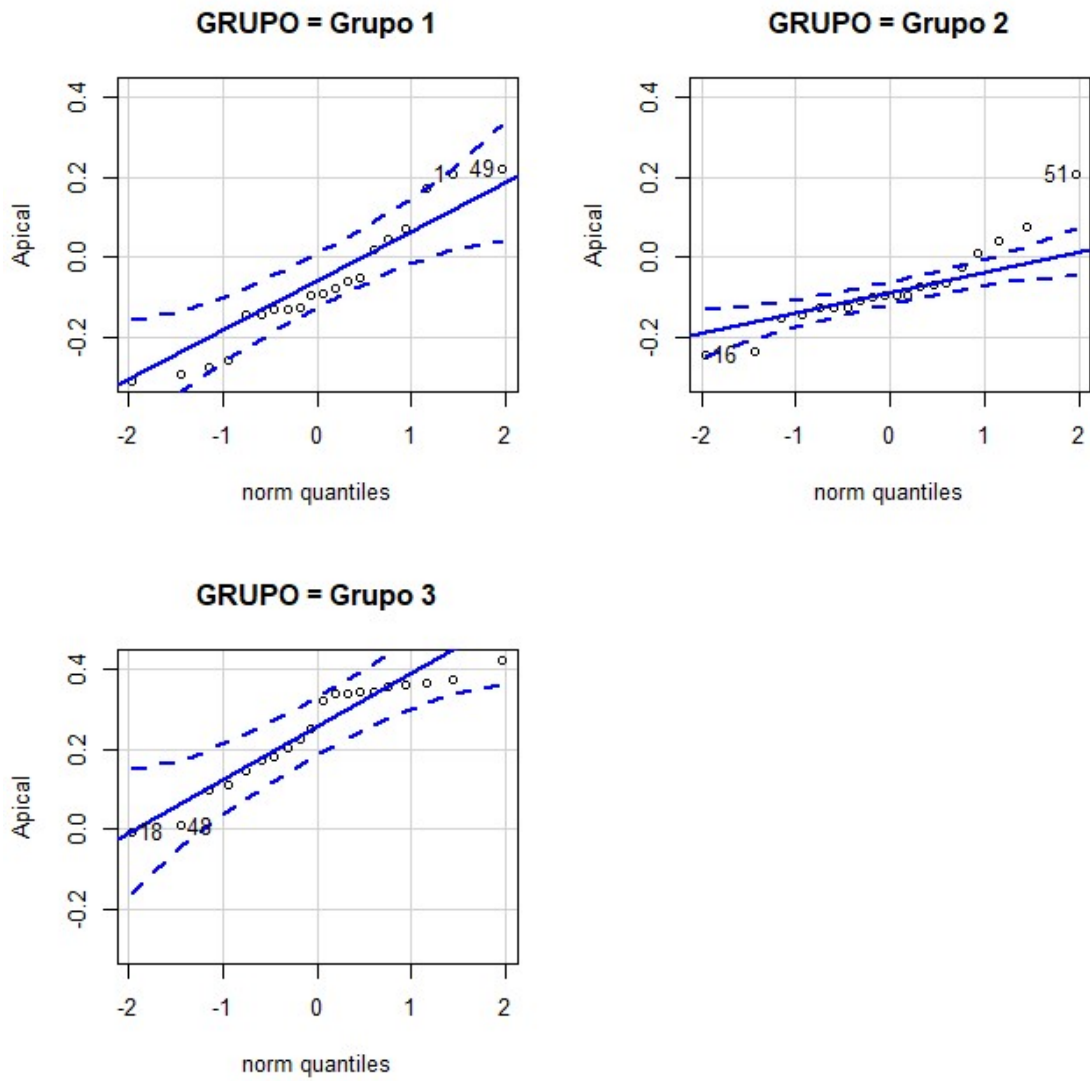
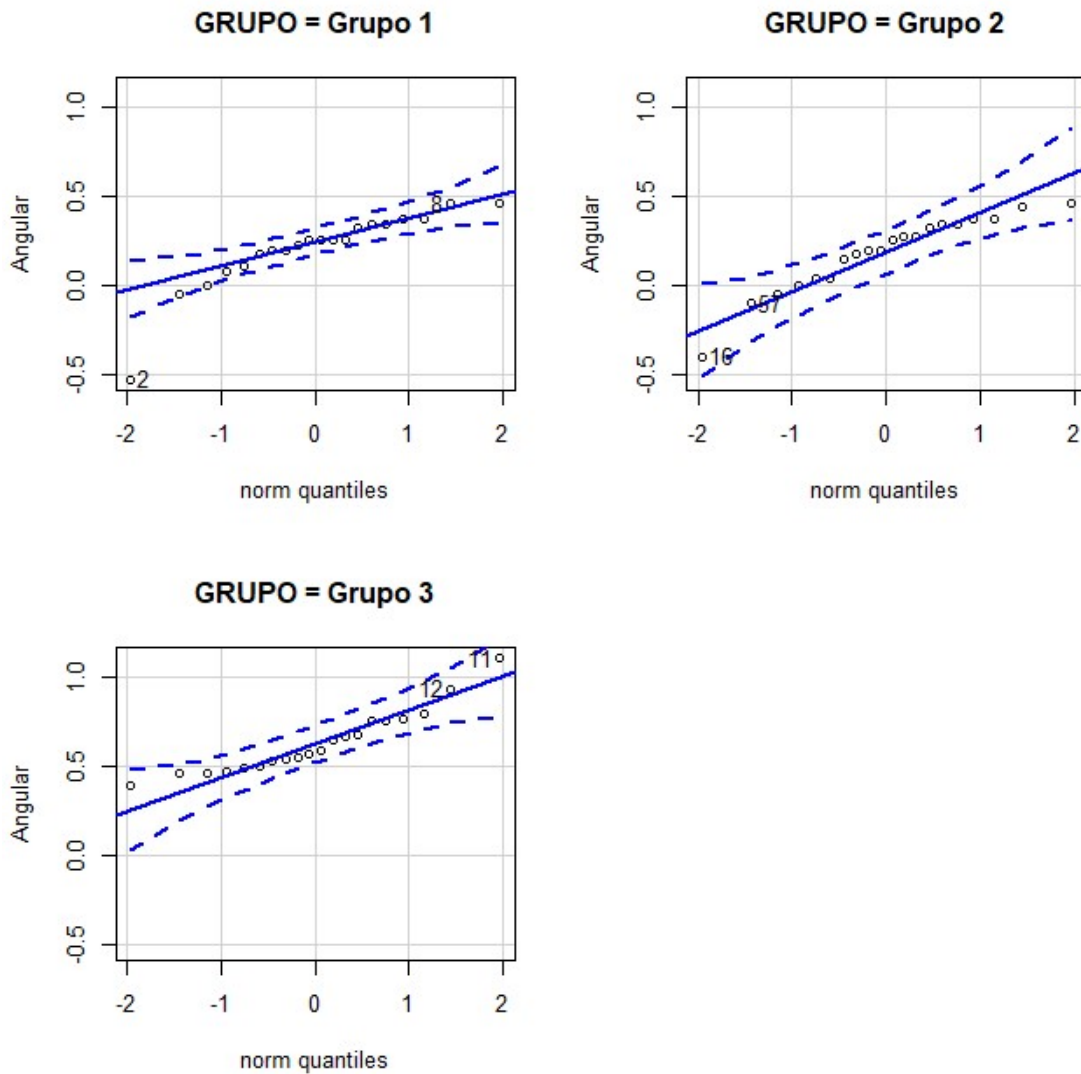


Ilustración 39. Gráficos cuantil-cuantil de la variable apical por grupos.



**Ilustración 40. Gráficos cuantil-cuantil de la variable angular por grupos.**

Como la prueba de Levene arrojó heterocedasticidad de las varianzas de los grupos en todas las variables (ver tabla 12 ( $p < 0.05$ )), se procede a realizar la transformación logaritmo a los datos. En este caso se obtienen los resultados de la tabla 13, donde se aprecia, en cada variable, homogeneidad de varianzas de los tres grupos ( $p > 0.05$ ).

<b>Variables</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Estadístico (F)</b>	<b>p-valor</b>
Angular	0,4222105	0,4673684	5,8972632	4,7404	0,01246
Apical	0,12117132	0,05408421	0,24506605	8,5331	0,0005732



Coronal	0,18581974	0,07935026	0,26944500	4,635	0,01364
Medial	0,14712921	0,06226605	0,25459237	5,9427	0,004527

Tabla 12. Resultados prueba Levene comparando los 3 grupos, para las cuatro variables del estudio.

Variabes	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Estadístico (F)	p-valor
Angular	0,04819499	0,04541794	0,03172810	0,1675	0,8462
Apical	0,02459782	0,01059455	0,01639572	1,9062	0,158
Coronal	0,13100245	0,07670125	0,03459187	1,9754	0,1481
Medial	0,04533735	0,01949239	0,02697762	2,2575	0,1139

Tabla 13. Resultados prueba Levene comparando los 3 grupos, para las cuatro variables del estudio, con los datos transformados.

Al cumplirse esta condición, se puede aplicar la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis (Tabla 9). Al comparar las cuatro variables del estudio con mediciones por grupo se obtiene, en todos los casos, que al menos una mediana es diferente al resto ( $p < 0.05$ ) (Tabla 14).

Variabes	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Estadístico ( $\chi^2$ )	p-valor
Angular	0,2552725	0,2296962	0,5796332	38,111	0,0000000053
Apical	-0,09421250	-0,09691001	0,28631965	31,809	0,0000001238
Coronal	-0,2967299	-0,2839967	0,1189226	24,313	0,000005254
Medial	-0,1940322	-0,1904533	0,1788245	27,649	0,0000009912

Tabla 14. Resultados prueba Kruskal -Wallis comparando los 3 grupos para las cuatro variables del estudio

Los resultados de la prueba post hoc Tukey se muestran en las Tablas de la 15 a la 18. En todas las variables analizadas, los grupos 1 y 2 se agrupan de la misma forma (“a”) y el grupo 3 aparece diferenciado (“b”). Lo que indica que para todas las variables de

medición, las desviaciones son mayores en el grupo 3, donde se instalaron los implantes con una férula convencional sin usar el software de planificación virtual para obtener la guía quirúrgica, que en los grupos 1 y 2, donde se emplearon las técnicas de guía quirúrgica prototipada confeccionada con la técnica de doble tomografía clásica y la de guía quirúrgica confeccionada con nueva sistemática de la tomografía de la cubeta de impresión respectivamente.

	Estimado	Límite inferior	Límite superior
Grupo 2 - Grupo 1=0	0,0374	-0,1789	0,2537
Grupo 3 - Grupo 1=0	0,4236	0,2073	0,6399
Grupo 3 - Grupo 2=0	0,3862	0,1699	0,6025
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
"a"	"a"	"b"	

**Tabla 15. Resultados prueba Tukey, variable coronal agrupada por técnicas.**

	Estimado	Límite inferior	Límite superior
Grupo 2 - Grupo 1=0	0,005658	-0,127514	0,138830
Grupo 3 - Grupo 1=0	0,317748	0,184577	0,450920
Grupo 3 - Grupo 2=0	0,312090	0,178919	0,445262
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
"a"	"a"	"b"	

**Tabla 16. Resultados prueba Tukey, variable medial agrupada por técnicas.**

	Estimado	Límite inferior	Límite superior
Grupo 2 - Grupo 1=0	-0,00510	-0,10488	0,09468
Grupo 3 - Grupo 1=0	0,32007	0,22029	0,41985
Grupo 3 - Grupo 2=0	0,32517	0,22539	0,42495
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
"a"	"a"	"b"	

Tabla 17. Resultados prueba Tukey, variable apical agrupada por técnicas.

	Estimado	Límite inferior	Límite superior
Grupo 2 - Grupo 1=0	-0,01951	-0,17509	0,13608
Grupo 3 - Grupo 1=0	0,42863	0,27305	0,58421
Grupo 3 - Grupo 2=0	0,44814	0,29255	0,60372
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
"a"	"a"	"b"	

Tabla 18. Resultados prueba Tukey, variable angular agrupada por técnicas

Análisis de las variables agrupando por implantes por dientes:

Empleando el test Shapiro Wilk, se puede apreciar la no normalidad de las variables agrupadas según implantes por dientes (Tabla 19). También las ilustraciones de la 41 a la 44, lo confirman.

En la Tabla 20 se observa que, excepto para la variable coronal, para el resto de las variables las varianzas de los grupos no son homogéneas. Al realizar las mismas transformaciones anteriores se consigue homogeneidad ( $p > 0.05$ ) (Tabla 21) y se puede proceder a realizar la prueba Kruskal Wallis.

Con el resultado de este test, podemos afirmar que el valor de mediana de la desviación de al menos uno de los dientes es diferente al del resto en todas las variables (Tabla 22).

<b>Variables</b>	<b>Estadístico (W)</b>	<b>p-valor</b>
Angular	0,76772	0,00000002305
Apical	0,86852	0,00001122
Coronal	0,89729	0,000105

Medial	0,87961	0,0000257
--------	---------	-----------

Tabla 19. Resultados prueba Shapiro Wilk para las cuatro variables del estudio agrupadas por implantes por dientes.

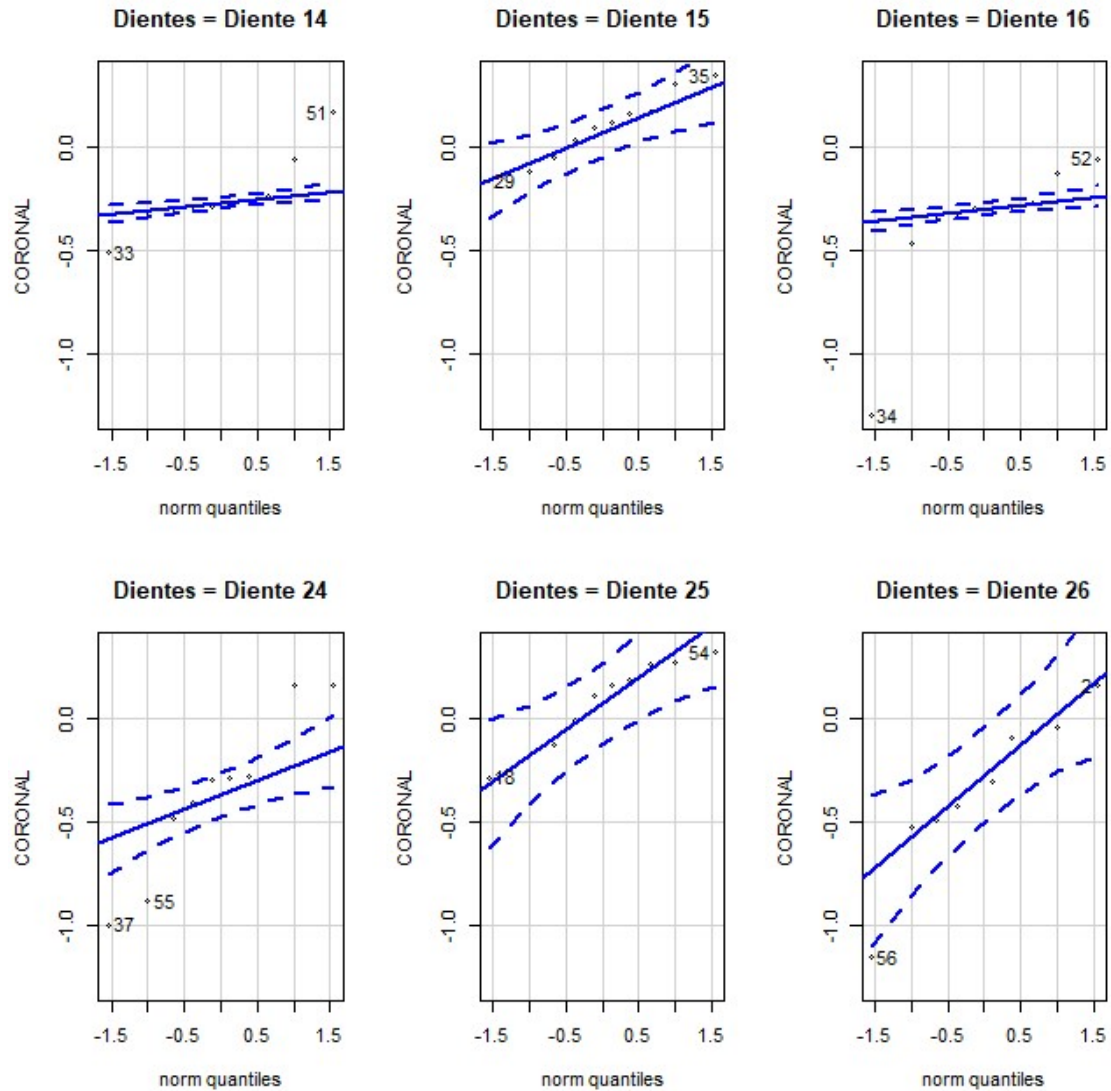


Ilustración 41. Gráficos cuantil-cuantil de la variable coronal por dientes

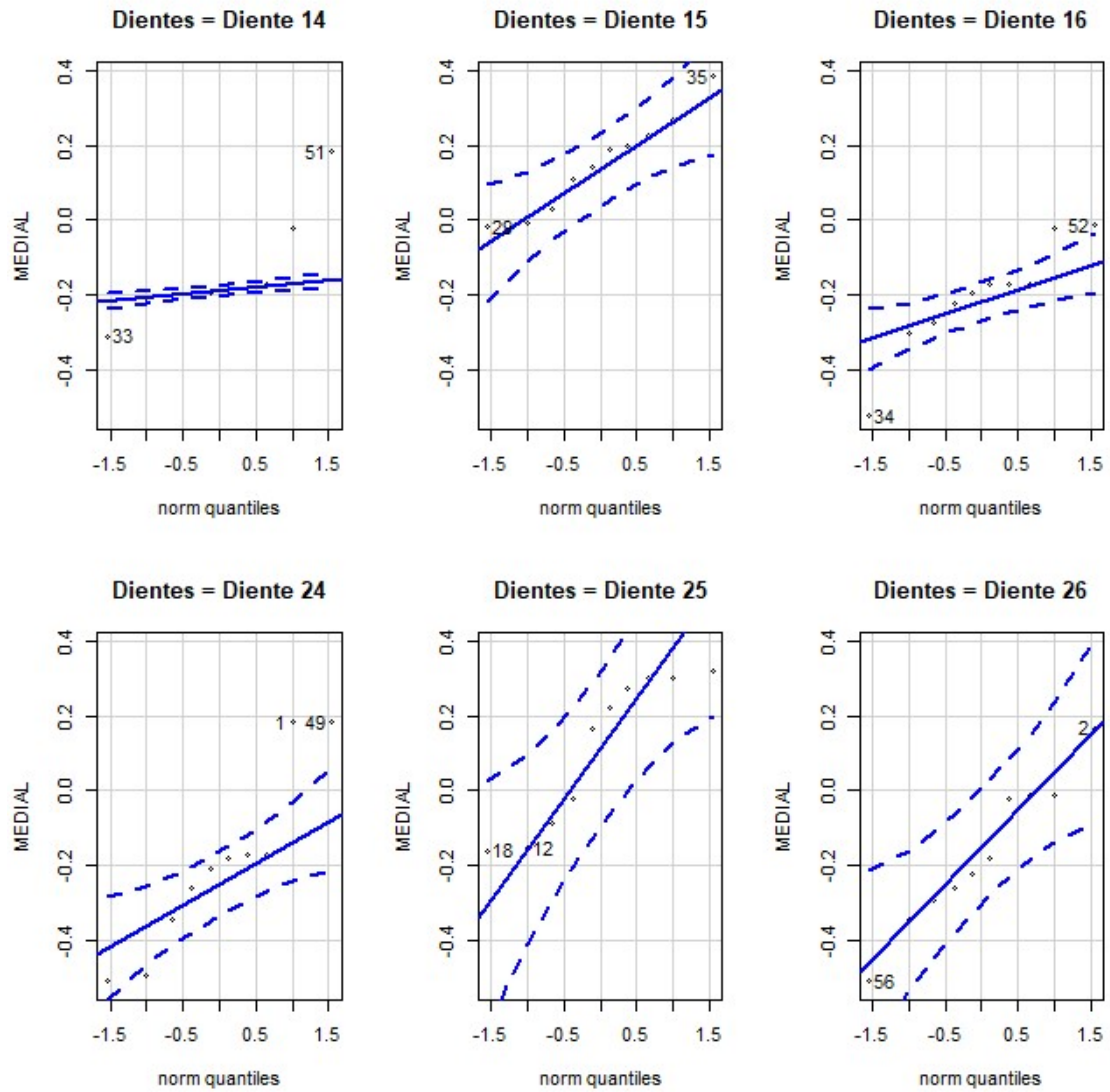


Ilustración 42. Gráficos cuantil-cuantil de la variable medial por dientes.

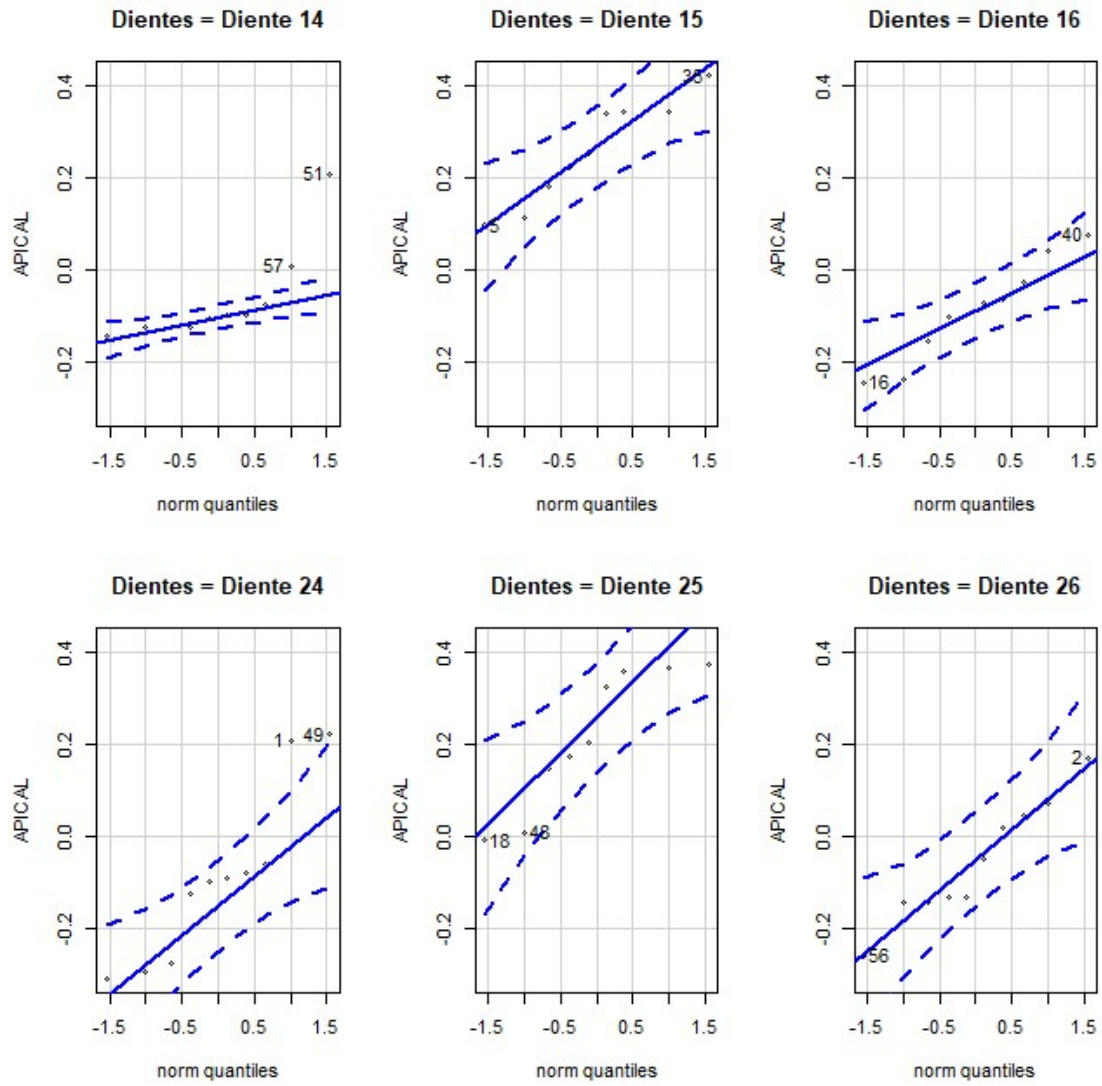


Ilustración 43. Gráficos cuantil-cuantil de la variable apical por dientes.

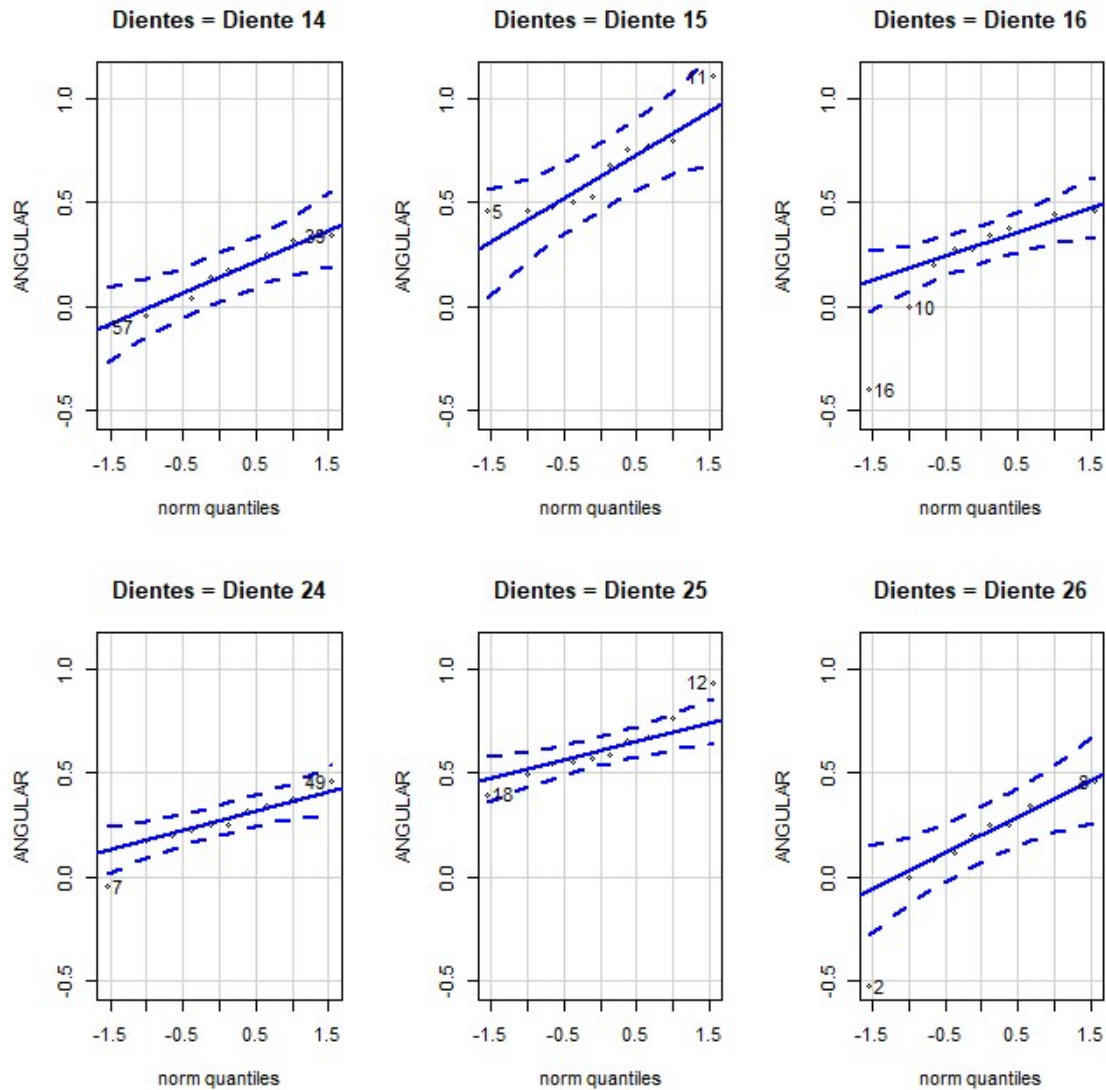


Ilustración 44. Gráficos cuantil-cuantil de la variable angular por dientes.

Variables	Estadístico (F)	p-valor
Angular	2,8183	0,02474
Apical	3,7295	0,005676
Coronal	1,828	0,1228
Medial	2,6026	0,03515

Tabla 20. Resultados prueba Levene comparando los implantes por dientes, para las cuatro variables del estudio.

<b>Variabes</b>	<b>Estadístico (F)</b>	<b>p-valor</b>
Angular	0,6141	0,6895
Apical	1,0648	0,3901
Coronal	0,8695	0,5077
Medial	1,2033	0,3201

Tabla 21. Resultados prueba Levene comparando los implantes por dientes, para las cuatro variables del estudio, con las variables transformadas.

<b>Variabes</b>	<b>Estadístico (<math>\chi^2</math>)</b>	<b>p-valor</b>
Angular	40,242	0,0000001335
Apical	31,918	0,000006168
Coronal	25,109	0,0001327
Medial	27,854	0,00003887

Tabla 22. Resultados prueba Kruskal -Wallis comparando los implantes por dientes para las cuatro variables del estudio.

Los resultados del test post hoc Tukey se presentan en las tablas comprendidas entre la Tabla 23 y la 26, y se complementan cada uno de ellos con un gráfico en el que se presenta, para cada una de las variables, su valor medio, así como el intervalo de confianza (IC) al 95% de la media (Ilustraciones 30 a la 34).

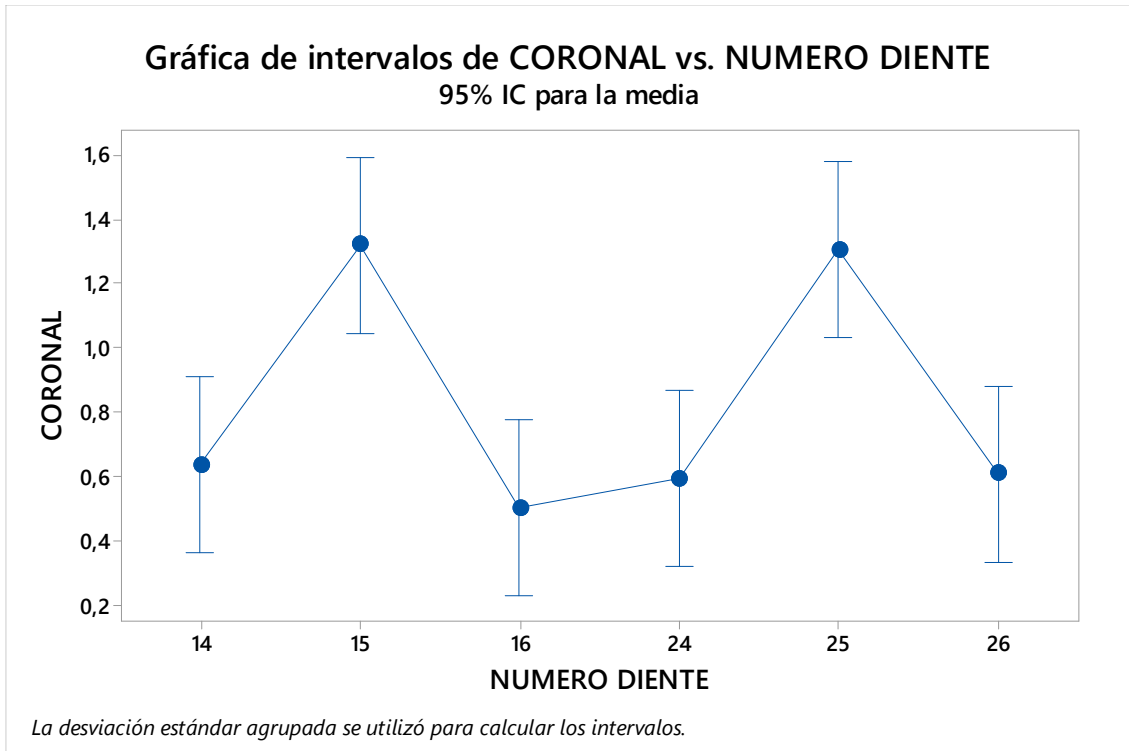
En todos los casos, los resultados obtenidos son equivalentes, formándose dos grupos, uno el de los dientes con números 15 y 25 (Grupo 3) y otro en el que se encuentran el resto de piezas dentales (14, 16, 24 y 26, grupos 1 y 2).

	<b>Estimado</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
Diente 15 - Diente 14 == 0	0,32492	-0,05644	0,70628
Diente 16 - Diente 14 == 0	-0,14000	-0,52136	0,24136



Diente 24 - Diente 14 == 0		-0,12455	-0,50591	0,25681	
Diente 25 - Diente 14 == 0		0,30742	-0,07394	0,68878	
Diente 26 - Diente 14 == 0		-0,09024	-0,47160	0,29112	
Diente 16 - Diente 15 == 0		-0,46492	-0,84628	-0,08356	
Diente 24 - Diente 15 == 0		-0,44947	-0,83083	-0,06811	
Diente 25 - Diente 15 == 0		-0,01750	-0,39886	0,36386	
Diente 26 - Diente 15 == 0		-0,41516	-0,79652	-0,03380	
Diente 24 - Diente 16 == 0		0,01545	-0,36591	0,39681	
Diente 25 - Diente 16 == 0		0,44742	0,06606	0,82878	
Diente 26 - Diente 16 == 0		0,04976	-0,33160	0,43112	
Diente 25 - Diente 24 == 0		0,43197	0,05061	0,81333	
Diente 26 - Diente 24 == 0		0,03431	-0,34705	0,41567	
Diente 26 - Diente 25 == 0		-0,39766	-0,77902	-0,01630	
Diente 14	Diente 15	Diente 16	Diente 24	Diente 25	Diente 26
"a"	"b"	"a"	"a"	"b"	"a"

Tabla 23. Resultados prueba Tukey, variable coronal agrupada por dientes.

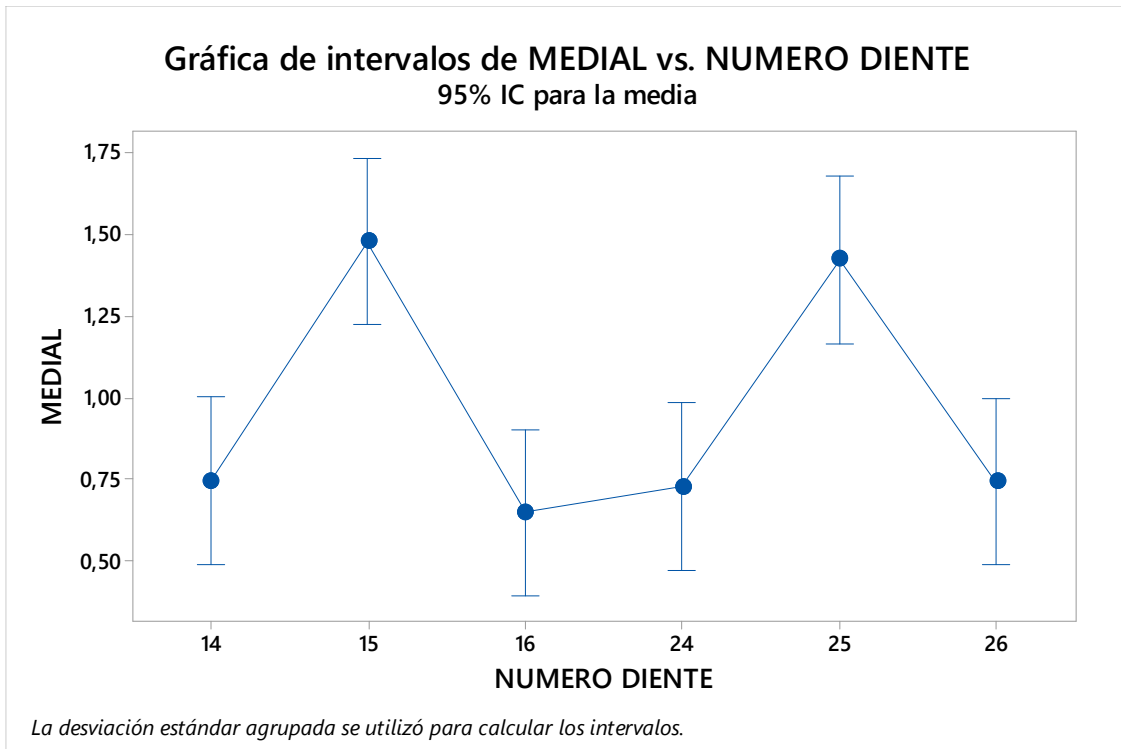


**Ilustración 45.** Gráfico de IC al 95% de la media variable coronal vs., número de diente.

	<b>Estimado</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
Diente 15 - Diente 14 == 0	0,301430	0,065819	0,537041
Diente 16 - Diente 14 == 0	-0,058497	-0,294108	0,177114
Diente 24 - Diente 14 == 0	-0,049453	-0,285064	0,186158
Diente 25 - Diente 14 == 0	0,264253	0,028642	0,499864
Diente 26 - Diente 14 == 0	-0,020360	-0,255971	0,215251
Diente 16 - Diente 15 == 0	-0,359927	-0,595538	-0,124316

Diente 24 - Diente 15 == 0	-0,350883	-0,586494	-0,115272		
Diente 25 - Diente 15 == 0	-0,037177	-0,272788	0,198434		
Diente 26 - Diente 15 == 0	-0,321790	-0,557401	-0,086179		
Diente 24 - Diente 16 == 0	0,009044	-0,226567	0,244655		
Diente 25 - Diente 16 == 0	0,322750	0,087139	0,558361		
Diente 26 - Diente 16 == 0	0,038137	-0,197474	0,273748		
Diente 25 - Diente 24 == 0	0,313706	0,078095	0,549317		
Diente 26 - Diente 24 == 0	0,029093	-0,206518	0,264704		
Diente 26 - Diente 25 == 0	-0,284613	-0,520224	-0,049002		
Diente 14	Diente 15	Diente 16	Diente 24	Diente 25	Diente 26
"a"	"b"	"a"	"a"	"b"	"a"

Tabla 24. Resultados prueba Tukey, variable medial agrupada por dientes.

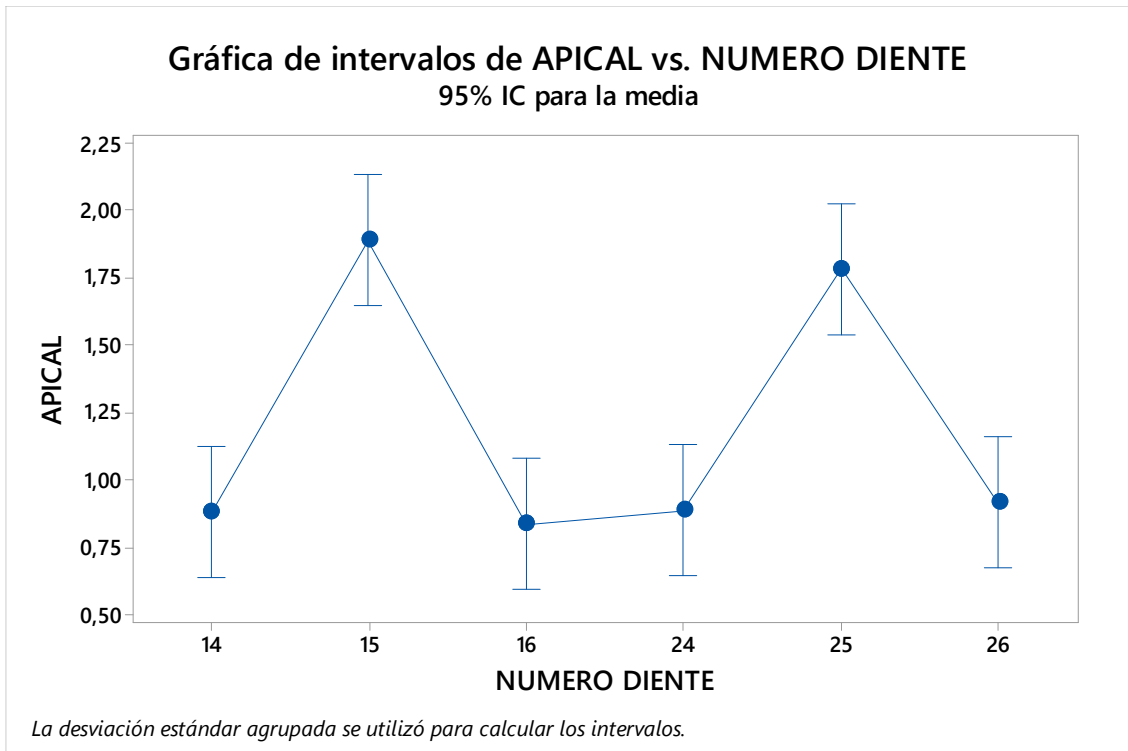


**Ilustración 46.** Gráfico de IC al 95% de la media variable medial vs., número de diente.

	<b>Estimado</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
Diente 15 - Diente 14 == 0	0,332082	0,155364	0,508801
Diente 16 - Diente 14 == 0	-0,020139	-0,196858	0,156579
Diente 24 - Diente 14 == 0	-0,022629	-0,199347	0,154090
Diente 25 - Diente 14 == 0	0,298117	0,121398	0,474836
Diente 26 - Diente 14 == 0	0,012688	-0,164030	0,189407
Diente 16 - Diente 15 == 0	-0,352222	-0,528940	-0,175503

Diente 24 - Diente 15 == 0	-0,354711	-0,531429	-0,177992		
Diente 25 - Diente 15 == 0	-0,033965	-0,210684	0,142753		
Diente 26 - Diente 15 == 0	-0,319394	-0,496112	-0,142675		
Diente 24 - Diente 16 == 0	-0,002489	-0,179208	0,174229		
Diente 25 - Diente 16 == 0	0,318256	0,141538	0,494975		
Diente 26 - Diente 16 == 0	0,032828	-0,143891	0,209546		
Diente 25 - Diente 24 == 0	0,320746	0,144027	0,497464		
Diente 26 - Diente 24 == 0	0,035317	-0,141401	0,212036		
Diente 26 - Diente 25 == 0	-0,285429	-0,462147	-0,108710		
Diente 14	Diente 15	Diente 16	Diente 24	Diente 25	Diente 26
"a"	"b"	"a"	"a"	"b"	"a"

Tabla 25. Resultados prueba Tukey, variable apical agrupada por dientes.

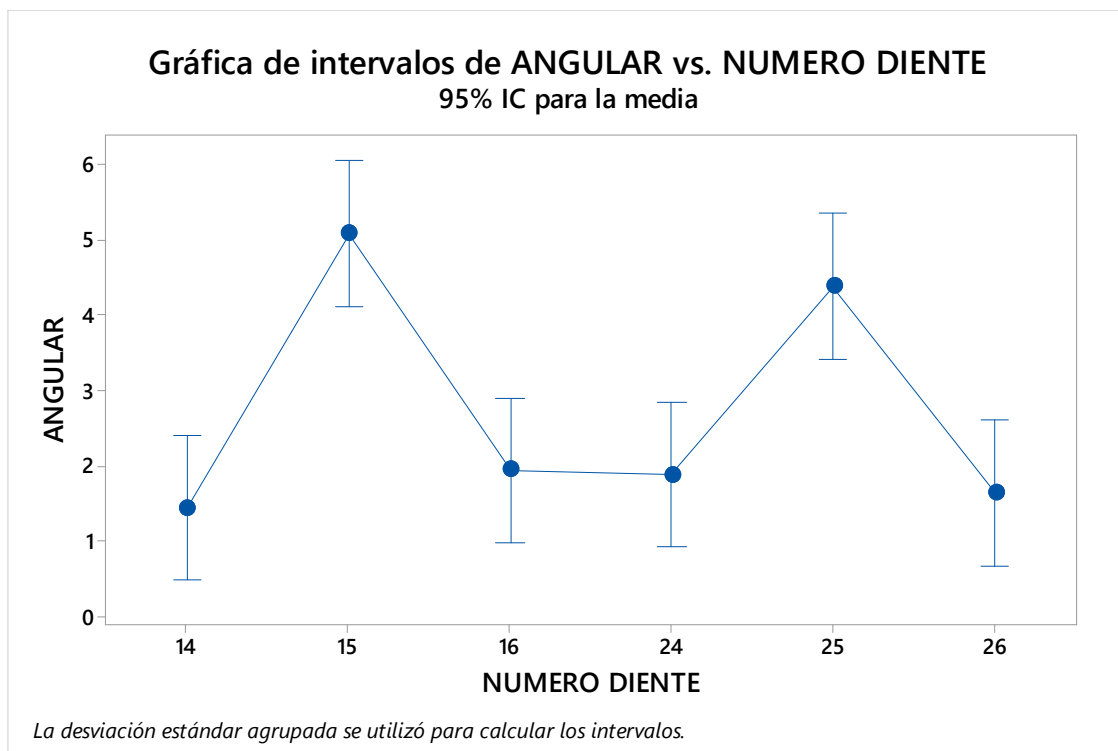


**Ilustración 47.** Gráfico de IC al 95% de la media variable apical vs., número de diente.

	<b>Estimado</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
Diente 15 - Diente 14 == 0	0,51667	0,24561	0,78772
Diente 16 - Diente 14 == 0	0,09897	-0,17208	0,37003
Diente 24 - Diente 14 == 0	0,11963	-0,15142	0,39069
Diente 25 - Diente 14 == 0	0,47858	0,20753	0,74964
Diente 26 - Diente 14 == 0	0,01836	-0,25270	0,28941
Diente 16 - Diente 15 == 0	-0,41770	-0,68875	-0,14664
Diente 24 - Diente 15 == 0	-0,39704	-0,66809	-0,12598

Diente 25 - Diente 15 == 0	-0,03809	-0,30914	0,23297		
Diente 26 - Diente 15 == 0	-0,49831	-0,76937	-0,22726		
Diente 24 - Diente 16 == 0	0,02066	-0,25039	0,29172		
Diente 25 - Diente 16 == 0	0,37961	0,10855	0,65066		
Diente 26 - Diente 16 == 0	-0,08061	-0,35167	0,19044		
Diente 25 - Diente 24 == 0	0,35895	0,08789	0,63000		
Diente 26 - Diente 24 == 0	-0,10128	-0,37233	0,16978		
Diente 26 - Diente 25 == 0	-0,46022	-0,73128	-0,18917		
Diente 14	Diente 15	Diente 16	Diente 24	Diente 25	Diente 26
"a"	"b"	"a"	"a"	"b"	"a"

Tabla 26. Resultados prueba Tukey, variable angular agrupada por dientes.



**Ilustración 48.** Gráfico de IC al 95% de la media variable angular vs., número de diente.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon, por grupo para las cuatro variables en estudio, corroboran la no existencia de diferencias significativas entre los grupos 1 y 2 ( $p > 0,05$ ), como se aprecia en la Tabla 27.

<b>Variabes</b>	<b>Estadístico (W)</b>	<b>p-valor</b>
Coronal	178,5	0,5695
Medial	189	0,7758
Alpical	196,5	0,9352
Angular	212	0,7551

**Tabla 27.** Resultados prueba Wilcoxon comparando los grupos 1 y 2 para las cuatro variables del estudio.



## *Resultados de la Revisión Bibliográfica respecto a la precisión de la técnica*

Siguiendo los criterios de inclusión se han seleccionado 619 citas y no se ha desechado ningún artículo.

76 artículos cumplieron con los criterios de inclusión respecto a la precisión, 29 informaban sobre las desviaciones entre la planificación del implante preoperatorio y la ubicación de los implantes postoperatorios, 90 con respecto a la eficiencia y 424 sobre requisitos de aplicación implanto protésica.

### *Precisión. Tabla Comparativa obtenida de la Bibliografía*

Otros autores han realizado estudios similares in vitro o in vivo para valorar la precisión de sus protocolos que referenciaremos y analizaremos en la discusión.

#### *Estudios in vitro*

En la siguiente tabla esquemática, se ordenan cronológicamente los principales estudios in vitro de precisión encontrados en la bibliografía que nos aportan información para poder cotejar los resultados.

Desviación lineal coronal o apical en milímetros y angular en grados:

		Media			Rango		
		coronal	apical	angular	coronal	apical	angular
Sarment 2003	Con férula convencional	1,5	2,1				
	Con Guía quirúrgica por ordenador	0,2	1,0				
Horwitz 2009	Grupo de tomografía de la férula radiológica	0,49 ± 0,36	0,63 ± 0,38	2,17 ± 1,06			
		coronal	apical	angular	coronal	apical	angular
Turbush 2012	Guías dentosoportadas	1,00 ± 0,33	1,15 ± 0,42	2,26 ± 1,30			

	Guías osteosoportadas	1,08 ± 0,33	1,53 ± 0,90	2,17 ± 1,02			
	Guías mucosoportadas	1,47 ± 0,43	1,65 ± 0,48	2,29 ± 1,28			
Vasak 2013	Procera	0,49	0,69	1,98			
Matta 2017	Guía termoplástica		0,864	3,479			
Tesis	Sistemática original	0,60	0,90	1,77			
	Escaneado de la impresión	0,57	0,86	1,70			
	Férula convencional y mano alzada	1,31	1,84	4,74			

**Tabla 28. Principales estudios in vitro de precisión encontrados en la bibliografía, ordenados cronológicamente.**

*Estudios in vivo y revisiones sistemáticas*

Desviación lineal coronal o apical en milímetros y angular en grados:

		Media			Rango		
		coronal	apical	angular	coronal	apical	angular
Schneider 2009	Revisión sistemática	1,07	1,63		0,76-1,22	1,26-2,00	
Jung 2009	Revisión sistemática	0,74	0,85				
D'haese 2010	Revisión sistemática in vitro		1,0				
	En cadáveres					0,6- 1,2	
	In vivo					0,95-4,5	
Arisan 2010	osteosoportadas	170±0,52	1,99±0,64	5±1,66			
	Dentomucosoportadas con tornillos	0,7±0,13	0,76±0,15	2,9±0,39			
Vasak 2011	Procura bucolingual y mesiodistal	0,44-0,66	0,525				
Behneke (2012)	Sistemática original	0,27	0,46	1,841	0,01-0,97	0,03-1,38	0,07-6,26
D'haese 2012	Sistemática original	0,91	1,13	2,6	0,29 – 2,45	0,32 – 3,01	0,16 – 8,86
Di Giacomo 2012	Doble escaneado. Guías progresivas. Implantes a mano alzada	1,35 ± 0,65	1,79 ± 1,01	6,53 ± 4,31	0,09-2,69	0,11-4,00	0,04-18,64
Giordano 2012	Sistemática original. Medición con escaner	0,37					
Lin 2013	Sistemática original; un caso	0,62	0,956	1,6			
Lee 2013	Triple escaneo	1,09	1,56	3,8			
Vercruyssen 2014	Sistemática original	0,9 ± 0,6	0,9 ± 0,8		0,0-2,9	0,0-3,7	
	No guiada	2,1 ± 1,4	1,7 ± 1,3		0,0-8,5	0,0-6,4	

Tahmaseb 2014	Revisión sistemática	1,12	1,39					
Yatzkair 2014	En cadáver	0,8	0,8					
Beretta 2014	New double scanning procedure	0,56 ±0,23	0,64 ± 0,29	2,42 ± 1,02				
Geng 2015	Guías dentosoportadas	0,27 ± 0,24	0,37 ± 0,35	1,72 ± 1,67	Profun: 0,32 ± 0,32			
	Guías mucosoportadas	0,69 ± 0,66	0,94 ± 0,75	2,71 ± 2,58	Profun: 0,51 ± 0,48			
	Parcialmente guiadas	0,54 ± 0,50	1,10 ± 0,85	2,56 ± 2,23				
	Totalmente guiadas	0,89 ± 0,78	0,81 ± 0,64	2,90 ± 3,0				
Sun 2015	Guía osteosoportada	1,47 ± 0,64	1,70 ± 1,01	6,4 ± 3,7	0,5-2,56		0,7- 14,8	
Verhamme 2016	Sujeción con tornillos	0,528	0,817	2,92				
	Desviación mesiodistal							
	Desviación bucolingual	0,633	1,038	3,44				
Lee 2016	Triple escaneado. Desv. mesiodistal	0,593	0,925	2,024				
	Bucolingual	0,691		2,390				
Naziri 2016	Guía Termoplástica	1	1,4	3,6				
Zhou 2017	Revisión sistemática	1,25	1,57	4,1				
Albiero 2017	Sistemática original. Intraoral welding	1,28	1,65	3,42	0,25- 2,84	0,36- 3,85	0,38- 7,82	
Cristache 2017	Impresión digital	0,798 ± 0,52	1,17 ± 0,63	2,34 ± 0,85				
Tallarico 2017	Grupo de escaneado intraoral	0,57 ± 0,32	0,67 ± 0,51	2,56 ± 1,52	0,1-1,1	0,0-1,6	0,3-5,0	
	Grupo control de escaneado de la impresión	0,43 ± 0,26	0,43 ± 0,32	2,18 ± 1,41	0,1-0,9	0,0-1,2	0,3-5,8	
Fillius 2017	Digital en Oligodoncia	1,41 ±0,55	1,20 ± 0,54	5,27 ±2,51				

Shiha 2017	Elevación de seno transalveolar	1,56 ± 1,15	1,75 ± 1,14	7,03 ± 4,53			
Alves 2018	Revisión sistemática				0,6 a 1,68	0,67 a 2,19	2,6 a 4,67
Seo 2018	Revisión sistemática				0,6 a 1,68	0,67 a 2,19	2,6 a 4,67

**Tabla 29. Principales estudios in vivo de precisión encontrados en la bibliografía, ordenados cronológicamente.**

Los resultados obtenidos del análisis la precisión de nuestro experimento, aparecen reflejados al final de la tabla de los experimentos in vitro.

Tal como reflejamos en la justificación del trabajo, no pretendemos demostrar que la precisión en nuestra sistemática concreta de trabajo es mejor que las otras sistemáticas; ya que intervienen muchos factores en el procedimiento de obtención las imágenes radiológicas, software de conversión, programa de planificación, elaboración de férulas quirúrgicas, materiales empleados, ejecución de la cirugía, proceso de fusión de las imágenes y determinación de las desviaciones.

Cotejando nuestras mediciones de desviación con las publicadas en la literatura, podemos observar que nuestra sistemática, tanto la original, como la nueva sistemática de escaneado de la impresión dental, están en concordancia con los buenos resultados de los otros autores.

Nuestro objetivo de la tesis es, y en ello radica su importancia, que tal como reflejan estos resultados, la cirugía guiada en general presenta resultados similares en los distintos trabajos usando los diferentes sistemas; y resulta ser como mínimo un 200% más precisa que la no guiada.

Pero este hallazgo no resultaría suficientemente significativo y resolutivo sin estudiar seguidamente la eficiencia, practicidad y manejo correcto de la sistemática que puedan llevar al éxito del tratamiento clínico con satisfacción de los profesionales y pacientes.

## *Eficiencia*

Un aspecto esencial respecto a los métodos tridimensionales asistidos por ordenador para cirugía guiada implantológica es su grado de exactitud o precisión [102–145].

Existe unanimidad en la bibliografía en 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 infort del paciente [615]. Proporciona un mejor postoperatorio y la existencia de menos complicaciones [50,548].

La Técnica de Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva facilita y optimiza la realización de la fase quirúrgica y protodóncica en una misma sesión operatoria [101].

A través de la técnica de cirugía guiada, se puede lograr una carga de implantes inmediata y sin complicaciones en un tiempo operativo razonable [555].

La revisión bibliográfica exhaustiva, corrobora que es el método más eficiente hoy en día con la aparición de la nueva sistemática [191] si se siguen los pasos correctos; y que en el futuro se hará imprescindible su aprendizaje por complementarse con la aparición reciente de la Odontología digital [618], y el diseño 3d virtual de la prótesis [612].

## DISCUSIÓN

La Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva (C.G.M.I.) posee una variedad de aplicaciones tanto en el campo Odontología como de la Medicina <sup>[146,147]</sup>.

Está siendo cada vez más usada en diferentes especialidades quirúrgicas <sup>[148–151]</sup>, representando un nuevo avance en el tratamiento con implantes dentales <sup>[152]</sup>.

Nuestro planteamiento es demostrar, con el estudio experimental, la mayor precisión de la Técnica de cirugía guiada, comparando la sistemática original con la con la nueva sistemática aparecida recientemente y con la colocación de implantes no guiada por ordenador.

A partir de la planificación virtual se puede obtener una guía quirúrgica que guiará con precisión <sup>[154]</sup> el posicionamiento de los implantes en boca <sup>[153]</sup> y la perforación previa <sup>[245,247,248]</sup>. Las guías que hemos utilizado en los grupos 1 y 2 del estudio facilitan la colocación y angulación adecuadas de los implantes en el hueso <sup>[169]</sup>.

La técnica, orientada a poder obtener la estabilidad primaria de los implantes y poder colocar la prótesis inmediata, ofrece muchos beneficios a los profesionales y pacientes que se someten a una rehabilitación protésica <sup>[165]</sup>; ya que la posibilidad de realizar en una misma sesión operatoria la técnica quirúrgica y protodóncica está representando un protocolo clínico exitoso, que reduce significativamente el tiempo de tratamiento y mejora de forma muy positiva la calidad de vida oral <sup>[152]</sup>. Aunque todavía hoy en día la colocación inmediata de la prótesis sigue en discusión por lo que analizaremos este tema más adelante.

Desde su aparición la Cirugía Guiada mínimamente invasiva para la colocación de implantes dentales guiados por ordenador, a principios de los años 2000, ha suscitado interés entre los implantólogos <sup>[611]</sup>, pero a la vez controversia <sup>[203]</sup>.

Por ello es necesario afrontar y estudiar en profundidad la eficiencia de esta técnica que ha suscitado polémica, discusión y bastante confusión entre los profesionales del sector dental <sup>[110,180]</sup>.

Pocos consiguieron incorporar la técnica a su práctica diaria y muchos desistieron o ya no se incorporaron por las dudas generadas <sup>[491]</sup>.

La duda que se generó entre los implantólogos en cuanto a la exactitud de la técnica, no estaba fundada en la precisión; sino instaurada por las dificultades que se encontraron aquellos que creyeron que era una técnica simple de ejecución para principiantes, sin necesidad de curva de aprendizaje y que los llevó al fracaso por no haber sido instruidos meticulosamente en los pasos y requerimientos de la técnica.

Incluso se difundió de que se podía fabricar la prótesis definitiva antes de la cirugía <sup>[619]</sup>. Si es posible <sup>[610]</sup>, pero no es una técnica usual, requiere formación y experiencia por los requerimientos protésicos muy especiales, materiales específicos y un equipo prostodoncista entrenado. El procedimiento no describía en profundidad en los artículos científicos implantológicos <sup>[354]</sup>. Por todo ello, la información no llegó muy clara al principio <sup>[244]</sup> y fue una fuente de dudas y complicaciones para los clínicos <sup>[358]</sup>.

Un claro ejemplo es un interesante artículo, publicado en el 2015 de los Dres. Miguel Burgueño, Jefe de Servicio Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital La Paz y El Dr. Jacobo Somoza, titulado “La cirugía guiada y muchas dudas por resolver”, en el que comentan que la incorporación de la odontología digital es una de las revoluciones más destacadas de las últimas décadas; no obstante la guía quirúrgica puede acumular decenas de errores que aboquen a un resultado desastroso; por ello el cirujano debe estar cualificado y adiestrado <sup>[611]</sup>. Plantean que puede parecer de fácil ejecución técnica, pero no eran pocos los clínicos que encontraban problemas en sus tratamientos y que todavía nos faltan muchas dudas por resolver:

¿Cuál es el máximo permisible de tolerancia entre las fresas y las llaves, y entre estas y las anillas, para decir que un sistema es fiable o no?; ¿cómo debe ser la secuencia de fresado?; ¿se deben emplear o no avellanadoras antes de la fresa inicial?; ¿cuál debe ser la longitud máxima de fresado, y cuál debe ser la desviación máxima permitida de éstas?; ¿qué tipo de férulas, de qué material y con qué grosor se deben construir?; ¿se deben o no colocar anillas?; ¿las llaves son realmente necesarias o introducen más errores? etc.

La ausencia de suficientes protocolos y consensos científicos en cirugía guiada hace que los clínicos se vean obligados a utilizar protocolos “homemade” con más o menos fortuna, lo que conduce a malos resultados y al abandono de la técnica <sup>[611]</sup>.



En el desarrollo de la discusión sobre la bibliografía a este respecto, analizaremos cada uno de estos puntos y pequeñas variaciones, todos importantes <sup>[390]</sup>, dentro del objetivo del tratamiento de rehabilitación eficiente del paciente.

Esta técnica como cualquier otra, requiere de tiempo, curva de aprendizaje y de una experiencia quirúrgica importante. Confiamos que con el tiempo se solucionen los problemas actuales y se perfeccione una técnica que bien realizada puede hacer mucho más agradable la vida, tanto al profesional como al paciente <sup>[611]</sup>.

Coincidimos en el deseo; y por ello, además del estudio de la precisión como fundamento de la técnica, resulta imprescindible también la discusión de su eficiencia basada en la bibliografía; indagando sus bases de puntos fuertes, buscando como aprovechar sus ventajas, y contrarrestar sus debilidades <sup>[244]</sup>.

Aplicar la técnica con el instrumental específico para cirugía guiada suele requerir utilizar un implante determinado, poco conocido para el implantólogo, con nuevos aditamentos y sistemática de trabajo prostodóncica <sup>[9]</sup> en busca de la estabilidad primaria <sup>[275-277]</sup>, para la colocación inmediata de la prótesis, y secundaria para elevar la precisión a eficiencia <sup>[306-308]</sup>.

El diseño del implante y los tratamientos de superficie actuales permiten la prótesis inmediata <sup>[43,255,310,327,329]</sup>. Existen numerosísimas publicaciones científicas con alusión a marcas comerciales mostrando buenos resultados <sup>[328]</sup>; y publicaciones comerciales, con una gran cantidad de recursos de marketing, apoyando las virtudes del diseño y tratamiento de superficie de cada marca de implantes que puede impedir el cambio al implantólogo convencido; aunque hoy en día, ya bastantes fabricantes de implantes han incorporado los materiales de cirugía guiada a su oferta <sup>[321]</sup>.

Concretamente el kit quirúrgico que utilizamos viene con fresas especiales de irrigación externa para implantes de cono morse hasta un máximo de 4mm. de diámetro.

Estos cambios de procedimiento y materiales, pueden significar de entrada ya un rechazo total por parte del implantólogo ante la preocupación y la incertidumbre en la efectividad de la modificación de sus hábitos de trabajo. Suele ser un gran obstáculo que se plantean, por lo que se hace necesario el estudiar detalladamente en la bibliográfica el porqué de la necesidad de la innovación <sup>[293]</sup>.

Por todo ello se hace necesario un estudio profundo de la efectividad o la predictibilidad de estos tratamientos, y el coste-beneficio <sup>[617]</sup>.

Según Choi, en manos de un implantólogo experto, los casos unitarios podrían realizarse a mano alzada y los casos de prótesis múltiples con cirugía guiada <sup>[333]</sup>.

La ventaja importante de la nueva sistemática es que se evita la necesidad de la férula radiológica <sup>[606]</sup>, que era el primer y no poco importante obstáculo en la sistemática original <sup>[356]</sup>.

En esta novedosa sistemática, únicamente se necesita la tomografía del paciente y se escanea aparte la cubeta de impresión dental bien sea radiográficamente o con escaneado óptico.

En diciembre del 2015 practicamos en Brasilia la nueva sistemática, que había aparecido durante el año, donde comprobamos que el ajuste de la férula quirúrgica en boca de los pacientes era perfecto; a diferencia de la sistemática original que en algunos casos en que se había ajustado mucho el orificio para los dientes remanentes del paciente, requería un pequeño retoque de décimas de milímetro por parte del implantólogo en algún punto de contacto para que se asentara correctamente en boca <sup>[619]</sup>; lo que nos lleva a una mayor precisión empírica clínica de la nueva sistemática.

La precisión es solamente la base indispensable para lograr el éxito de la rehabilitación protésica; con múltiples condicionantes y requerimientos en el camino que han generado obstáculos y complicaciones a los usuarios <sup>[184]</sup>. Por consiguiente, se nos hace obligado el tratar todos estos temas referentes al protocolo y a los materiales de manera secuencial.

Los nuevos avances aportan la eficiencia al eliminar las dificultades que hubo en el pasado para la implementación de la sistemática original <sup>[366]</sup>.

Pero las dudas reflejadas en la literatura se han heredado y prevalecen entre los profesionales; por lo que se hace necesario discutir cumplidamente cada barrera, de manera sistematizada en el siguiente orden, para asentar bases repetidas en la bibliografía con las que concordamos, discutir las complicaciones que se han descrito y razonar como

evitarlas para despejar la nublada idea que prevalece de que la cirugía guiada no es tan práctica:

Precisión. Seguridad

Barreras superadas

Procedimiento. Planificación. Cirugía.

Estabilidad primaria. Prótesis inmediata.

Rehabilitación. Requerimientos actuales de estética y función biológica

Resolución de casos complejos. Como evitar técnicas complejas / o facilitar su ejecución

Éxito. Satisfacción del profesional y el paciente. Costo / beneficio

Comparativa con otras opciones guiadas

Perspectivas

## **PRECISIÓN**

### *Precisión de la técnica guiada para la colocación de implantes dentales*

En cirugía convencional, las decisiones importantes como la posición y la inclinación se definían sólo durante el acto quirúrgico. Por esta razón se ocasionaban fallos estéticos y funcionales <sup>[174]</sup>.

Un aspecto esencial con respecto a los métodos tridimensionales asistidos por ordenador para cirugía guiada implantológica lo constituye su grado de exactitud o precisión <sup>[208]</sup>. Se ha demostrado, utilizando prototipos, que la realización de los lechos para la inserción de implantes por cirugía guiada asistida por ordenador es más precisa significativamente que la inserción manual <sup>[155,211]</sup>.

En otras áreas de la Odontología relacionadas con la implantología, también se utilizan las imágenes tridimensionales 3D obtenidas a partir de la tomografía, y se realiza la superposición para analizar la precisión <sup>[155]</sup>.

Diferentes estudios han evaluado la precisión comparando el TAC previo con el que se realiza la planificación, con el TAC post-tratamiento por el método de fusión de imágenes, según la tecnología llamada de información mutua <sup>[156,176,184,186,212]</sup>.

Para no lastimar las estructuras anatómicas, se recomienda una distancia de seguridad de al menos 1mm. <sup>[176]</sup>. Es necesario para evitar los posibles errores que se pueden acumular desde las imágenes del TAC, la transferencia al sistema informático y los derivados de la colocación de la férula quirúrgica, así como de la realización de los diferentes lechos implantarios <sup>[211]</sup>.

Cuando se compara la exactitud o precisión de un experimentado cirujano implantólogo en la realización del fresado para los lechos implantarios, el error medio puede ser de 6,1mm., (máximo de 7,2mm.), mientras que para los métodos de cirugía guiada por ordenador el error medio es de 0,5mm., (máximo de 1,2mm.) <sup>[211]</sup>.

En un estudio cuyo objetivo era examinar la precisión de la implantación guiada por computadora colocando 28 implantes en 12 cadáveres humanos, usando guías

quirúrgicas, en que la planificación y las cirugías fueron realizadas por un clínico y todas las radiografías y mediciones fueron realizadas por dos examinadores; se compararon los implantes planificados con la posición real obtenida, midiendo la discrepancia por bucal, lingual y mesial al implante por apical y coronal [212].

No se observaron diferencias significativas entre las mediciones planificadas y las implantadas. La desviación promedio de un implante de su radiografía de planificación fue de 0,8mm, que se encuentra dentro del rango de variabilidad esperado del análisis de la tomografía [212].

En el año 2009, el Dr. David Schneider del Departamento de Prostodoncia Fija y Removable y Materiales Dentales de la Facultad de Odontología de la Universidad de Zurich, y cols., realizaron una revisión sistemática con el objetivo de analizar la literatura dental con respecto a la precisión y la aplicación clínica de la colocación de implantes dentales guiados por computadora, basado en plantillas [128].

A semejanza de nuestro estudio bibliográfico, pero en menor cantidad ya que realizó años antes, de 3120 títulos después de la búsqueda bibliográfica, 8 artículos cumplieron con los criterios de inclusión respecto a la precisión y 10 con respecto al rendimiento clínico. El análisis reveló una desviación media en el punto de entrada de 1,07mm., con un rango entre 0,76-1,22mm., y en el ápice de 1,63mm., con un rango de 1,26 a 2,00mm.

No se encontraron diferencias significativas entre los estudios con respecto al método de producción de plantillas o el sistema de soporte para su estabilización [128]. Dato que apoya nuestra idea de estudiar la eficiencia de la técnica más que comparar nuestros resultados, que son estimulantes y probablemente debidos a nuestra experiencia y al uso de implantes totalmente cilíndricos en su cuerpo guiados con precisión por las anillas.

En el 2009, el Dr. Jacob Horwitz del Departamento de Periodoncia de la Facultad de Odontología Rambam Health Care Campus de Haifa, Israel, y cols., publicaron un trabajo cuyo objetivo era evaluar la precisión de la planificación tridimensional, de implantes a partir de la tomografía, asistida por computadora y los implantes colocados por una plantilla guía [355].

Se planearon nueve implantes con un software a partir de la tomografía computarizada de modelos de resina. Cada modelo contenía tres implantes de control preexistentes.

Se usaron tomografías computarizadas postoperatorias para comparar las posiciones de implantes obtenidas con las planificaciones preoperatorias.

Las desviaciones medias de la profundidad del ápice para los implantes fueron de 0,49 +/- 0,36mm., la desviación media radial del ápice de 0,63mm. +/- 0,38mm., y las desviaciones de angulación de 2,17 +/- 1,061.

Determinaron que la planificación e inserción de implantes asistida por computadora proporciona una buena precisión.

Las desviaciones se relacionan principalmente con errores de sistema y reproducibilidad [186].

En mi opinión se trata de un excelente trabajo, aunque con pocos experimentos, con buenos resultados de desviación lineal y menos en desviación angular; probablemente atribuibles como en el caso anterior a que los implantes utilizados no eran cilíndricos. Aunque los autores aclaran que los montadores eran cilíndricos, el implante no va guiado por la anilla; sino por la perforación hasta que el montador entra en contacto con la anilla. Los autores comentan que, múltiples usos de las fresas y de los montadores de titanio reducen significativamente la precisión del sistema. Concordamos con ello; pero sobre todo además porque el desgaste de las fresas, tal como comentaremos más adelante, implica el sobrecalentamiento del hueso.

No obstante, es preciso prestar atención a que una posible desviación de 1 grado, en un implante dental de punta cónica, es significativa en el estudio de precisión, pero prácticamente imperceptible en clínica.

También en el año 2009, el Dr. Ronald E. Jung i cols., del Departamento de Prótesis Fija y Removible del Centro de Medicina Dental y Oral y Cirugía Cráneo Maxilofacial de la Universidad de Zúrich y cols., evaluaron la literatura sobre la precisión y el resultado clínico de las aplicaciones de tecnología informática en odontología para la cirugía de colocación de implantes [184]. Se realizó un metaanálisis prospectivo. Se analizaron las tasas de fracaso / complicación de manera aleatoria con un seguimiento de 12 meses.

Se incluyeron en esta revisión sistemática 2.827 artículos, 13 clínicos y 19 estudios de precisión. El estudio abarcaba veintinueve sistemas de software diferentes.

El metaanálisis de la precisión reveló un error medio total de 0,74mm., (máximo de 4,5mm.) en el punto de entrada en el hueso y 0,85mm., en el ápice (máximo de 7,1mm.).

Para los 5 estudios clínicos incluidos (un total de 506 implantes) usando la colocación de implantes dentales asistida por computadora, la tasa de fracaso promedio fue del 3,36% (0% a 8,45%) después de un periodo de observación de al menos 12 meses.

En el 4,6% de los casos tratados, se informaron complicaciones intraoperatorias; que incluían distancias interoclusales limitadas para realizar la colocación guiada del implante, estabilidad primaria limitada del implante, o necesidad de procedimientos de injerto adicionales.

Determinaron que, en base a distintos niveles diferentes y cantidad de datos disponibles para la colocación de implantes asistida por computadora, se revelan altas tasas de supervivencia de implantes después de 12 meses de observación y un nivel razonable de precisión.

Sin embargo comentan que son necesarios los datos clínicos futuros a largo plazo para identificar las indicaciones clínicas y para justificar las dosis de radiación adicionales, así como esfuerzo y costos asociados con la cirugía de implantes asistida por computadora [356].

Interesante artículo que habla de las complicaciones por las distancias interoclusales limitadas, que trataremos de contrarrestar en el capítulo de los materiales hablando de los implantes de conexión de cono morse y de la selección de los transepiteliales en la planificación.

Respecto a las complicaciones de estabilidad primaria limitada del implante, se puede evitar con la experiencia y lo comentaremos en el capítulo de la densidad ósea y el fresado.

El problema de la dosis de radiación adicional al que se refieren los autores, hoy en día está superado con la nueva técnica de escaneo de la impresión.

El esfuerzo y costos asociados en la fecha en que se escribió el artículo eran muy superiores a los de hoy en día, que comentaremos en el capítulo de Costo / Beneficio y las perspectivas.

En el año 2010, Volkan Arisan del Departamento de Implantología Oral de la Facultad de Odontología, Universidad de Estambul, Turquía y cols., estudiaron las desviaciones de los implantes que fueron colocados con guías estereolitográficas apoyadas en hueso o en dientes y mucosa [357].

Se planificaron 294 implantes a partir de las imágenes de tomografía computarizada de haz cónico en 54 pacientes. Se elaboraron sesenta guías, tanto de restauración única como múltiple, usando dos sistemas comerciales.

Las guías apoyadas en mucosa se fijaron con tornillos de osteosíntesis.

Se insertaron los implantes, y al final del período de osteointegración, se realizó un nuevo escaneo con tomografía de Cone Beam. La planificación preoperatoria se fusionó con los nuevos datos tomográficos para identificar las desviaciones entre los implantes planificados y colocados para cada tipo de sistema de implantes y fabricante.

No hubo complicaciones relacionadas con lesión de algún reparo anatómico crítico.

Los implantes que fueron colocados por guías osteosoportadas tuvieron las desviaciones medias más altas: 5,0° - 1,66° de desviación angular, y 1,70 - 0,52mm., y 1,99 - 0,64mm., de desviación lineal en el hombro y la punta del implante respectivamente.

Las desviaciones de los implantes que se colocaron con guías dentomucosoportadas fueron más bajas: 2,9° - 0,39° de desviación angular, y 0,7 - 0,13mm., y 0,76 - 0,15mm., para el hombro y la punta del implante, respectivamente.

Concluyeron que la fijación de la guía con tornillos, la incorporación de anillas de metal y un kit especial de perforación minimiza aún más las desviaciones.

El máximo ajuste en la instrumentación es básico. La precisión es importantísima; pero no un hecho aislado, porque para lograr la eficiencia de la rehabilitación clínica hay muchísimos más condicionantes en el camino.

En el año 2010, Jan D'haese, y cols., del Departamento de Periodoncia e Implantología Oral, de la Facultad de Odontología en la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, de la Universidad de Gante, Bélgica; y de la División de Periodoncia del Departamento de Odontología y Medicina, del Instituto Karolinska en Huddinge, Suecia, y cols., comentan que en la última década, se introdujeron en el mercado varios sistemas de cirugía guiada estereolitográfica <sup>[358]</sup>.

Se realizó una búsqueda en la base de datos de PubMed. Se seleccionaron 31 artículos. Diez informaban sobre las desviaciones entre la planificación del implante preoperatorio y la ubicación de los implantes postoperatorios. Un estudio in vitro informó una desviación apical media de 1,0mm., tres estudios en cadáveres concluían que la desviación apical media oscila entre 0,6 y 1,2mm.

En seis estudios in vivo, se delimitaba una desviación apical de entre 0,95 y 4,5mm.



Resaltan en este artículo las ventajas en que nosotros coincidimos de procedimiento quirúrgico facilitado, tiempo de intervención quirúrgica reducido, secuelas postoperatorias reducidas, mejor posibilidad de tratamiento de pacientes médicamente comprometidos (toma de anticoagulantes, bifosfonatos, etc.) o ansiosos, evitar los procedimientos de injerto óseo, protocolo de carga inmediata facilitado.

Comentan que, aunque varios informes han demostrado que la cirugía de implante guiada basada en la planificación del tratamiento virtual asistida por computadora puede ofrecer un resultado aceptable, las complicaciones quirúrgicas y técnicas que ocurren durante el procedimiento apenas se han informado. En las conclusiones comentan que las complicaciones se informan con frecuencia cuando se combina la cirugía sin colgajo guiada por computadora con una prótesis prefabricada cargada de inmediato. Las complicaciones quirúrgicas y protésicas son en la mayoría de los casos causadas por el error de ajuste entre los implantes instalados y la prótesis prefabricada.

Coincidiendo con ellos nos reafirmamos en que este fue realmente el principal problema al principio de la técnica. Se trata de un problema protésico por desinformación, pero no quirúrgico. Sin embargo, generó muchas dudas sobre la precisión de la técnica.

En el abstracto del artículo que concluyen que se encuentran desviaciones sustanciales en direcciones tridimensionales entre la planificación virtual y la real posición obtenida del implante. Este hallazgo y complicaciones posquirúrgicas informadas adicionales llevan a la conclusión de que se debe tener cuidado al aplicar esta técnica de forma rutinaria <sup>[358]</sup>. Es fácil pensar que, si un implantólogo lee solamente el abstracto, tratándose de autores de mucho prestigio, puede ya perder el interés por continuar interesándose por la técnica.

En el 2011, Marta Abad-Gallegos, Jordi Freixes Gil, Cosme Gay-Escoda Catedrático de Cirugía Oral y Maxilofacial; Director y Profesor del Máster en Cirugía Oral e Implantología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Barcelona. Investigador coordinador del Instituto IDIBELL y Jefe del Servicio de Cirugía Maxilofacial del Centro Médico Teknon de Barcelona y cols., debido al creciente interés en la cirugía mínimamente invasiva, junto con la posibilidad de colocar prótesis con la función inmediata, que ha llevado al desarrollo de softwares capaces de planificar y fabricar guías quirúrgicas y la prótesis que se puede colocar inmediatamente al finalizar la cirugía, evaluaron las complicaciones quirúrgicas y protésicas del tratamiento de

implantes con la técnica de cirugía guiada así como la comodidad del paciente durante y después del tratamiento <sup>[359]</sup>.

Realizaron un estudio observacional retrospectivo de 19 pacientes (14 hombres y 5 mujeres), desdentados parciales o totales maxilares superior e inferior, que implicó la colocación de un total de 122 implantes.

Todos los casos fueron planeados y operados con la técnica de cirugía guiada.

Determinan que la restauración de implantes con la técnica de cirugía guiada y la carga funcional inmediata es un procedimiento predecible, siempre que la selección del paciente y la técnica quirúrgica sean adecuadas, permitiendo un postoperatorio con menor morbilidad y aumento de la satisfacción del paciente gracias a la restauración inmediata de la estética y la función.

En el año 2012, Alexandra Behneke, del Departamento de Cirugía Oral de la Universidad de Mainz, Alemania y cols., presentaron un estudio clínico prospectivo fue evaluar la coincidencia entre las posiciones y ejes de los implantes virtualmente planificados y colocados usando guías quirúrgicas de laboratorio generadas a partir de la tomografía computarizada con haz cónico (CBCT) <sup>[360]</sup>.

Se colocaron un total de 132 implantes con la ayuda de transferencia basada en plantillas 3D en 52 pacientes parcialmente edéntulos consecutivos entre abril de 2008 y marzo de 2010. En comparación con los implantes planificados, los implantes instalados mostraron desviaciones lineales de media en el cuello y el ápice de 0,27mm., (rango 0,01-0,97mm.), y de 0,46mm., (rango 0,03-1,38mm.), respectivamente.

La desviación angular fue de 1,841 de media, con un rango de 0,07-6,261.

Los resultados de este estudio sugieren que las guías quirúrgicas fabricadas en laboratorio, a partir de los datos obtenidos por tomografía computarizada con haz cónico, pueden ser confiables en la colocación de implantes bajo consideraciones prostodónticas en el edentulismo parcial; al igual que ocurre con nuestra nueva sistemática.

En el año 2012, M. Giordano con práctica clínica privada en Caserta, P. Ausiello de la Facultad de Odontología de la Universidad Federico II de Nápoles y M. Martorelli Del Departamento de Mecánica y Energía de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Federico II de Nápoles, Italia y cols., realizan un trabajo científico con escaneo láser para evaluar, mediante métodos indirectos, la precisión de guías quirúrgicas diseñadas por

computadora en la rehabilitación de implantes orales en pacientes parcial o completamente desdentados [361].

Se utilizaron un total de veintitrés implantes para realizar cinco rehabilitaciones, colocados mediante guías quirúrgicas diseñadas por computadora, realizadas a partir del modelo maestro.

Se realizó la planificación virtual quirúrgica, a partir de los modelos 3D obtenidos por los datos DICOM (Digital Imaging and Communication On Medicine), de escaneo dental con el software (Implant 3D software de Media Lab, Italia) para tener un análisis 3D detallado en la colocación del implante.

Los datos virtuales se usaron para fabricar las guías quirúrgicas usando una máquina Ray Set (Biaggini Medical Devices, Italia) de acuerdo con los parámetros de planificación virtual, para colocar, de una manera tridimensional correcta, los análogos del implante.

Utilizando el escáner D700 (3Shape, Dinamarca) se utilizó un sistema de ingeniería inversa para adquirir, para cada paciente, de forma virtual tridimensional, el modelo maestro con los análogos; con el objetivo de la evaluación posterior de la precisión de la posición de los implantes.

Estas posiciones fueron adquiridas por escaneo láser óptico tridimensional y comparado con las exploraciones con láser de las impresiones intraorales tomadas después de la operación.

En los estudios previos, la precisión en el uso asistido por computadora en la cirugía de colocación de implantes, usualmente se evaluó tras la cirugía con una tomografía computarizada para verificar las posiciones de los implantes. En este estudio, se usó un método indirecto de escaneo láser para la evaluación de la precisión,

Este método permite reducir la exposición a la radiación eliminando las radiaciones extra de la tomografía computarizada postquirúrgica.

La comparación entre las posiciones de los implantes postquirúrgicos y las posiciones en los modelos, para los cinco pacientes, muestra una distancia de desviación máxima en el rango de 1,02-1,25mm., una distancia promedio en el rango 0,21-0,41mm., y una desviación estándar en el rango de 0,21-0,29mm.

Los resultados de esta investigación demuestran una transferencia precisa de la posición del implante y que las técnicas de escaneo además de ahorrar la tomografía de comprobación.

En el año 2012, Los profesores Sarah Katherine Turbush, y Ilser Turkyilmaz, de la Universidad de Ciencias de la Salud de San Antonio, Texas, USA., publican que la planificación precisa del tratamiento antes de la cirugía de implante es necesaria para identificar estructuras vitales y para asegurar un resultado restaurativo predecible.

El propósito de este estudio fue comparar la precisión de la colocación del implante mediante el uso de 3 tipos diferentes de guía quirúrgica: osteosoportada, dentosoportada y mucosoportada [362].

Se fabricaron treinta mandíbulas de resina acrílica con estereolitografía en base a los datos de la tomografía computarizada con haz de cono de pacientes edéntulos.

Diez de las mandíbulas se modificaron digitalmente antes de la fabricación con la adición de 4 dientes, y 10 de las mandíbulas se modificaron después de la fabricación con resina acrílica blanda para simular la mucosa. Cada mandíbula de resina acrílica tenía 5 implantes planificados en 3-D.

Se planearon y colocaron un total de 150 implantes mediante el uso de guías.

Los escáneres se superpusieron para comparar la colocación virtual del implante con la colocación real del implante.

La desviación angular media del eje largo entre los implantes planificados y colocados fue de  $2,2 \pm 1,2$  grados.

Las desviaciones medias en la distancia lineal entre los implantes planificados y colocados fueron de  $1,18 \pm 0,42\text{mm.}$ , en el cuello del implante y  $1,44 \pm 0,67\text{mm.}$ , en el ápice del implante para los 150 implantes.

Después del procedimiento de superposición, la desviación angular de los implantes colocados fue de  $2,26 \pm 1,30$  grados con las guías dentosoportadas,  $2,17 \pm 1,02$  grados en las osteosoportadas, y  $2,29 \pm 1,28$  grados con la guía soportada por mucosa.

Las desviaciones medias en la distancia lineal entre los implantes planificados y colocados en el cuello y el ápice fueron  $1,00 \pm 0,33\text{mm.}$ , y  $1,15 \pm 0,42\text{mm.}$ , para las guías dentosoportadas;  $1,08 \pm 0,33\text{mm.}$ , y  $1,53 \pm 0,90\text{mm.}$ , para las guías osteosoportadas; y  $1,47 \pm 0,43\text{mm.}$ , y  $1,65 \pm 0,48\text{mm.}$ , para las guías quirúrgicas con soporte mucoso.

Los resultados de este estudio muestran que las guías quirúrgicas estereolitográficas pueden ser confiables en la colocación de implantes y que: 1) no hubo diferencias estadísticamente significativas en desviación entre los 3 tipos de guía al comparar, y 2) las guías con soporte de mucosa fueron menos precisas que las guías con soporte dental y con soporte óseo para la desviación lineal en el cuello del implante y el ápice [362].

En este amplio estudio se compararon 3 tipos diferentes de guía quirúrgica: osteosoportada, dentosoportada y mucosoportada utilizando en total 150 implantes; en nuestro estudio utilizamos únicamente 60 porque utilizamos solamente la guía dento-mucosoportada que es la que los sistemas guiados dentales preconizan hoy en día y se utiliza en las clínicas odontológicas.

En el año 2012, Jan D'haese, y cols. del Departamento de Periodoncia e Implantología Oral, de la Facultad de Odontología en la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Gante, Bélgica y cols., realizaron un estudio para evaluar la precisión de las guías estereolitográficas mucosoportadas en maxilares edéntulos <sup>[363]</sup>.

Se instalaron setenta y ocho implantes OsseoSpeed™ (Astra Tech AB, Mölndal, Suecia) de 3,5 a 5mm., de ancho y de 8 a 15mm., de longitud, en 13 pacientes consecutivamente. Los implantes se cargaron funcionalmente el día de la cirugía, y la ubicación de los implantes se evaluó con un escáner de tomografía computarizada.

El Software MicroSet 9.0 (Materialise N.V., Lovaina, Bélgica) se usó para fusionar las imágenes de los implantes planificados y en realidad colocados; y se compararon las ubicaciones, los ejes y las distancias entre implantes.

Un implante se perdió poco después de la inserción debido a la formación de abscesos causados por restos de material de impresión.

Se analizaron 77 ubicaciones de implantes. La desviación en el punto de entrada oscilaba entre 0,29mm., y 2,45mm., (SD: 0,44mm.), con una media de 0,91mm.

La desviación angular promedio fue de 2,60 ° (rango 0,16-8,86 °, SD: 1,61 °).

En el punto apical, la desviación varió entre 0,32mm., y 3,01mm., con una media de 1,13mm., (SD: 0,52mm).

La desviación de la distancia entre los implantes coronal y apical fue, respectivamente, 0,18mm., (rango 0,07-0,32mm., SD: 0,15) y 0,33mm., (rango 0,12-0,69mm., SD: 0,28).

Estas desviaciones son más bajas que las desviaciones coronales y apicales globales.

Los motivos que provocan las desviaciones son multifactoriales; sin embargo, es poco probable que el proceso de producción de la guía tenga un impacto importante en la precisión de una guía estereolitográfica apoyada en la mucosa <sup>[363]</sup>.

Coincidimos en la advertencia en las conclusiones de su abstracto de que se debe advertir a los médicos que cabe esperar desviaciones angulares y lineales. Y que lógicamente los implantes cortos muestran desviaciones apicales significativamente más bajas en

comparación con los más largos. En la discusión aclaran que estas desviaciones son menores que las globales en implantología.

En el 2012, Di Giacomo del Departamento de Diagnóstico por la Imagen de la Facultad de Medicina de la Universidad Federal de Sao Paulo en Brasil y cols., publicaron un artículo científico sobre la precisión y las complicaciones de guías quirúrgicas de sinterización con láser selectivo diseñadas por computadora para la colocación de implantes dentales sin colgajo y la colocación de una prótesis definitiva inmediata <sup>[244]</sup>.

El estudio se realizó desde enero del 2006 hasta diciembre del 2009.

Se instalaron en 12 pacientes, sesenta implantes y 12 prótesis (en cuatro hombres y ocho mujeres, con rango de edad: 41 a 71 años).

Los criterios de exclusión fueron: 1) radioterapia, 2) quimioterapia, 3) enfermedades sistémicas crónicas; 4) mala higiene oral; 5) alcohol, tabaco o abuso de drogas; y 6) bruxismo. Los procedimientos preoperatorios se realizaron 4 meses antes de las cirugías. Un solo implantólogo experto, realizó la instalación de planificación virtual, cirugías y prótesis.

El protocolo implicó la fabricación de una plantilla radiográfica radiopaca compuesta de bario de alta densidad (10%) y barniz (90%) que era una réplica exacta de la prótesis utilizada por el paciente. Cubría las superficies oclusales de la arcada dental por completo hasta el tercio coronal de la dentición y alcanzaba la mucosa en el área edéntula.

Se preparó un soporte interoclusal (índice oclusal) para separar los arcos mandibular y maxilar y estabilizar la plantilla durante la tomografía.

Se tomó una tomografía de la férula y luego la plantilla radiográfica se colocó en la boca del paciente, y se tomó una segunda tomografía computarizada con haz cónico. La exploración se tomó sin contacto inter arcadas utilizando el índice oclusal.

Para la planificación virtual de las cirugías, la imagen resultante se convirtió en imagen digital en archivos, utilizando secciones de 1,0mm., de grosor.

La imagen digital se importó al software conversor. Luego se realizó la segmentación de imágenes (extracción de tejido blando) y luego se utilizó el software de planificación ImplantViewer 1,9, Anne Solutions, Sao Paulo, Brasil, para colocar los implantes virtuales en la posición óptima según la anatomía y el diseño protésico.

Sesenta y dos implantes fueron planeados para la fabricación de guías quirúrgicas con un equipo de prototipado rápido SLS (Sinterizado Selectivo por Laser).

La guía quirúrgica se colocó en la boca, utilizando el índice interoclusal para confirmar el asiento adecuado. Posteriormente, la guía quirúrgica se fijó adecuadamente utilizando dos anclajes o pines distribuidos convenientemente.

Las llaves reductoras de titanio se adaptaron a la guía quirúrgica, y la perforación se realizó con fresas secuenciales con diámetros cada vez mayores. El tejido blando no fue removido y se fresó directamente.

Todos los implantes fueron colocados usando una técnica quirúrgica sin colgajo.

La guía quirúrgica se retiró y se colocaron 62 implantes de hexágono interno autorroscantes con diámetros de 3,75 o 4,0mm., y longitudes de entre 10 y 15mm.

Los pilares cónicos se atornillaron sobre los implantes con un torque de 20Ncm., para colocar las prótesis inmediatamente después de la implantación.

Luego se montaron cofias de impresión, y se realizó la impresión utilizando silicona con cubeta individual. La cubeta era una réplica de la prótesis utilizada.

La estructura metálica se unió por láser. En 8 horas, se colocó una prótesis definitiva al paciente. La oclusión y la articulación se corrigieron siempre que fue necesario.

Para el seguimiento postoperatorio, cada paciente recibió una receta de amoxicilina (500 mg., tres veces al día durante 7 días, comenzando 1 hora antes de la cirugía), ibuprofeno (400 mg, tres veces al día durante 1 día, para tomar en caso de dolor) y enjuague con clorhexidina (0,12%, dos veces al día).

Se programó una visita a las 24 horas después de la cirugía para revisar los tornillos del puente, apretar a mano los tornillos, ajustar la oclusión y la articulación, si fuera necesario.

La visita de seguimiento se realizó durante 2 semanas y 3, 6, 12, 18, 24 y 30 meses después de la cirugía.

En cada visita de seguimiento, se evaluó y reforzó la higiene oral y se revisaron los tornillos, el torque y la oclusión. Al cabo de 15 días de la cirugía, se tomó una nueva tomografía.

Se utilizó el software Rhino 4.0, McNeel para fusionar las imágenes de los implantes planificados y colocados realmente.

El plano de referencia era perpendicular al eje longitudinal del implante planificado e intersectaba los centros de implante coronal y apical.

La desviación lateral se calculó como la distancia entre el centro coronal (o apical) del implante planificado y el punto de intersección del eje longitudinal del implante colocado y el plano de referencia.

Se midieron las desviaciones laterales (coronal y apical) y angular entre los implantes colocados y virtualmente planificados.

Los pacientes fueron seguidos durante 30 meses, y se documentaron las complicaciones quirúrgicas y protésicas.

Resultados: las medias de desviación angular, coronal y apical fueron  $6,53 \pm 4,31^\circ$ ,  $1,35 \pm 0,65\text{mm.}$ , y  $1,79 \pm 1,01\text{mm.}$ , respectivamente.

Se observaron desviaciones coronal y apical de  $<2\text{mm.}$ , en el 82,67% y 58,33% de los implantes, respectivamente.

Concluyen que la desviación lateral media fue  $<1,8\text{mm.}$ , y la desviación angular media fue  $6,53^\circ$ . Sin embargo, el 41,67% de los implantes presentaba una desviación apical  $> 2\text{mm.}$

Las mediciones de desviación lateral se categorizaron en tres grupos: 1)  $\leq 1\text{mm.}$ , (clínicamente insignificante); 2) 1 a  $2\text{mm.}$ , (probablemente clínicamente irrelevante); y 3)  $> 2\text{mm.}$ , (potencialmente clínicamente relevante).

Una desviación  $> 2\text{mm.}$ , se consideró clínicamente significativa porque  $2\text{mm.}$ , es un margen de seguridad recomendado alrededor de las estructuras vitales de relevancia quirúrgica.

Aunque la colocación del implante debe ser muy precisa para evitar dañar las estructuras anatómicas esenciales, un valor de desviación "universalmente aceptable" no se puede definir. Esto se debe a que, en algunas situaciones clínicas, incluso las desviaciones  $< 2\text{mm.}$ , pueden causar lesiones a estructuras anatómicas esenciales, mientras que, en otras situaciones, la posición implantológica puede ser tolerada.

Sin embargo, una desviación de  $2\text{mm.}$ , puede provocar un desajuste protésico significativo cuando la prótesis se ha fabricado sobre la base de implantes muy exactamente planificados sin margen de error a partir de la guía quirúrgica.

Las diferencias entre la precisión obtenida en el estudio y la informada en la literatura pueden ser atribuibles por muchos motivos:

- 1) Puede haber ocurrido una micromovimentación de los tubos de guía de titanio, que es clínicamente imperceptible, dentro de las perforaciones.



2) Los tubos de guía o anillas de titanio eran 0,2mm., más anchos que las fresas, lo que puede haber provocado una desviación angular.

En este caso, se utilizó un tipo anterior de tomógrafo Cone Beam, que tenía imágenes de diagnóstico de baja resolución y baja precisión de segmentación.

En cambio, hay dispositivos tomográficos de nueva generación que producen una imagen más precisa y, por lo tanto, una fabricación de guía quirúrgica más exacta.

3) La colocación incorrecta de plantillas radiográficas durante el escaneo y la colocación incorrecta o la inestabilidad de las guías quirúrgicas puede haber ocasionado una desviación en cierta medida.

4) Los implantes se colocaron a mano alzada dentro en el sitio de la osteotomía guiada, mientras que, en otros estudios, (con mejores resultados de precisión) la inserción de los implantes fue también guiada por los montadores accesorios que no estaban disponibles para el sistema actual cuando comenzó el estudio.

En consecuencia, la colocación guiada quirúrgicamente de implantes es más exacta que la colocación a mano alzada libre.

Otra posible fuente de variación es la deformación de la guía quirúrgica durante el prototipado. Debido a que los errores son acumulativos, todos los pasos del protocolo pueden haber contribuido a la desviación.

En el presente estudio, se detecta un índice significativamente más alto de desviación angular en el maxilar superior respecto a la mandíbula, lo que está de acuerdo con los resultados informados por otros autores, y en desacuerdo con otros que informaron de una mayor precisión para el maxilar que para la mandíbula.

Los resultados concuerdan en una ligera tendencia a una mayor desviación angular en los implantes posteriores que en los implantes anteriores.

En el presente estudio, esta observación no está relacionada con la inclinación de las fresas en el área posterior, que se realizó para compensar la apertura limitada de la boca. Fue difícil adaptar tres pilares angulados en las áreas posteriores debido a la apertura limitada de la boca.

Las discrepancias entre las posiciones planificadas y las reales pueden estar asociadas con las dos complicaciones protésicas más prevalentes reportadas en la literatura:

- 1) inadaptación de restauración (7,2%); y
- 2) ajustes oclusales extensos (4,3%).

En el presente estudio, la impresión se toma después de que se instala el implante; esto compensa las discrepancias entre las posiciones de implante planeadas y las reales, lo que permite una nueva producción de la prótesis con la posición real del implante y previniendo completamente estas complicaciones.

En el único caso en el que se requirió un ajuste oclusal extenso, la distorsión de la resina se produjo durante el proceso de fabricación y no se relacionó con la técnica de cirugía de implante asistida por computadora. Este enfoque también puede reducir la tensión inducida por la prótesis en los implantes.

Las tasas de supervivencia acumulada para implantes y prótesis fueron 98,33% y 91,66%, respectivamente.

En cuanto a la evaluación de las complicaciones, los pacientes fueron seguidos a las 24 horas, 2 semanas, 3 meses y 6 meses después de la cirugía. A partir de entonces, los pacientes fueron seguidos cada 6 meses durante hasta 30 meses.

En el seguimiento de 6 meses, las prótesis se retiraron. El tejido periimplantario, los pilares y los implantes se evaluaron clínicamente, y se aplicó un par de 20Ncm., al tornillo.

En los 24 meses posteriores, se tomó una radiografía panorámica y se evaluó la reabsorción ósea macroscópica alrededor de los implantes.

Las posibles complicaciones quirúrgicas que se evaluaron fueron: acceso limitado, aumento óseo primario, fractura de plantilla, infección, inserción de un implante que era más ancho/estrecho o más corto de lo planeado, sinusitis aguda, implante inestable, fístula marginal, fístula bucosinusal, dolor prolongado, defectos de tejidos blandos.

Cuando los implantes de 3,75mm., mostraron una estabilidad inicial deficiente, se eliminaron y se insertaron implantes de 4,00mm., lo que explica la mayor tasa de implantes más anchos que los planificados en el estudio.

Las primeras complicaciones protésicas que fueron evaluadas fueron desajuste entre la infraestructura y el pilar, ajustes de la oclusión, aflojamiento de la prótesis, problemas del habla, mordeduras de la mejilla e insatisfacción estética.

Las últimas complicaciones protésicas que se investigaron fueron el aflojamiento del tornillo, la fractura de la prótesis, el desgaste oclusal y la sensibilidad a la presión.

La tasa de complicaciones se calculó para 62 implantes planificados y 12 prótesis.

En dos sitios de implante, las crestas eran demasiado estrechas y se requirió un colgajo para colocar los implantes.

Estos implantes se excluyeron de la población de muestra durante la planificación y no se incluyeron los análisis estadísticos.

Las tasas de supervivencia acumulada para implantes y prótesis fueron 98,33% y 91,66%, respectivamente, en el seguimiento de 30 meses.

La tasa de complicaciones quirúrgicas fue del 17,74% y la tasa de complicaciones protésicas del 16,67%.

La tasa de complicaciones quirúrgicas (17,74%) fue más alta que la reportada en una revisión sistemática reciente (9,1% de 428 pacientes).

En contraste, la tasa de complicaciones protésicas (16,7%) fue menor a la reportada en la literatura (tasa total de complicaciones protésicas, 30,8%: tasa de complicaciones tempranas, 18,8%, tasa de complicaciones tardías, 12%).

Respecto a las complicaciones quirúrgicas, tres implantes fueron retirados poco después de la inserción.

La estabilidad primaria no se logró para dos implantes colocados en el área del tuber maxilar. Estos implantes se eliminaron durante la cirugía y no se reemplazaron.

Un paciente informó de dolor postoperatorio severo. El implante se encontraba muy cerca del nervio nasopalatino y se retiró una semana después de la instalación.

La longitud planeada del implante fue respetada durante el procedimiento quirúrgico. Sin embargo, en el momento de la cirugía se eligieron implantes más amplios para mejorar la estabilidad primaria de los implantes.

Las complicaciones, como fractura de plantilla quirúrgica o desprendimiento de las anillas en tubo de metal, no ocurrieron durante el procedimiento de perforación.

No se observaron complicaciones, como infección en sitios de perforación de implantes, hemorragias, sinusitis, lesiones nerviosas, defectos de tejidos blandos o resorción ósea que rodea los implantes.

En los casos en los que hubo acceso limitado en las áreas posteriores, los implantes se inclinaron ligeramente en la dirección mesial y no fue realmente una complicación importante tal como señalan otros estudios de otros autores.

Dos pacientes desarrollaron una ligera inflamación gingival durante el seguimiento, que se resolvió después de la profilaxis profesional y se instruyó a los pacientes con respecto al control de la placa.

Respecto a las complicaciones protésicas; se observó fractura de la resina en una paciente 30 meses después de la instalación en el área vestibular de la prótesis total. El marco de metal no fue dañado.

En un caso, se observó una complicación protésica en la que la prótesis requería un ajuste oclusal extenso. Debido a que la distorsión de la resina había ocurrido durante el proceso de fabricación y no estaba relacionada con la cirugía de implante asistida por computadora, no se incluyó en la tasa de complicaciones.

Hemos traducido extensamente este interesantísimo artículo por su coherencia y porque describe perfectamente el proceso y aporta variaciones prácticas, como el que perfora con las fresas directamente sin retirar el tapón mucoso, tal como hacíamos al principio y que realmente retrasaba el procedimiento quirúrgico. Respecto a la precisión obtenida comentan que los implantes se colocaron a mano alzada dentro en el sitio de la osteotomía guiada, mientras que, en otros estudios, (con mejores resultados de precisión) la inserción de los implantes fue también guiada por los montadores accesorios que no estaban disponibles para el sistema actual cuando comenzó el estudio. También pensamos que relacionado con este hecho encuentran mayor desviación en el maxilar que en la mandíbula que suele tener un hueso menos denso y por lo tanto más propenso a posibles desviaciones del orificio de fresado lo que realza la importancia de usar instrumental e implantes preparados para la cirugía guiada.

Advierte que las desviaciones de 2mm. pueden ser críticas para las estructuras anatómicas y lo relaciona también a que no es posible obtener la prótesis definitiva ya prefabricada y que ajuste perfectamente a los implantes colocados.

En el año 2013, Jee-Ho Lee del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial, del Seoul Asan Medical Center en Seúl, República de Corea, y cols., estudian la precisión y factores causales de complicaciones de la cirugía de implantes asistida por computadora; y la evaluaron para validar aún más la aplicación rutinaria clínica de esta técnica <sup>[388]</sup>.

Se incluyeron en el estudio un total de 102 implantes en 48 pacientes que fueron tratados desde el 2009 al 2012 en tres instituciones (dos hospitales dentales y un departamento de odontología en un hospital general).

Se utilizaron plantillas muco o dentomucosoportadas.

Los modelos de estudio se obtuvieron de tomar las impresiones dentales al paciente.

Se realizó el encerado diagnóstico y los modelos de estudio fueron escaneados y combinados en superposición con las imágenes del TAC preoperatorias para la cirugía virtual con el software (OnDemand3D) y se obtuvo la plantilla estereolitográfica.

Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas  $p \leq 0,05$ .

Los errores medios de la cirugía de implante asistida por computadora fueron 1,09mm., en el centro coronal, 1,56mm., en el centro apical, y la desviación del eje angular fue de 3,80 °.

Concluyen que es necesaria la correcta estabilización de la parte anterior de la plantilla para una cirugía de implantes segura y la futura prótesis.

Evidentemente es muy importante comprobar el correcto ajuste de la guía en boca antes de iniciar la cirugía.

En el año 2013, Marcelo Michele Novellino, del Departamento de Prostodoncia, de la Facultad de Odontología USP de la Universidad de Sao Paulo, Brasil y cols., evaluaron si la introducción de un dispositivo, resultado de la combinación de un accesorio o'ring con un implante de ortodoncia (o' ring ortho implant, O' ROI), para fijar la plantilla quirúrgica de la cirugía de implantes diseñada y maquinada por ordenador contribuye a minimizar las desviaciones en la posición y la inclinación de los implantes en el momento de su colocación. <sup>[364]</sup>

Se fabricaron diez modelos que simulaban tejido óseo y se dividieron al azar en 2 grupos: 5 con la plantilla de escaneo y quirúrgica de la técnica habitual, representando el grupo de control y 5 con plantillas de escaneo y quirúrgicas fijadas por o' ring ortho implants (O' ROI), que representan el grupo de prueba.

Cuarenta implantes de 4x11mm., se colocaron en los grupos, usando las respectivas plantillas.

Los resultados fueron evaluados por la fusión de imágenes tomográficas de los implantes planificados y colocados. Las ubicaciones y los ejes fueron comparados. No hubo diferencias estadísticamente significativas para la angulación.

Sin embargo, los valores angulares del Grupo de Prueba mostraron una menor desviación en comparación con los del Grupo Control.

Por lo que deducen que el uso de implantes o'ring ortho (O'ROI) es capaz de minimizar la desviación angular y lineal de los implantes en el momento de su colocación.

En nuestra opinión, todo aumento de precisión por pequeño que pueda ser, forma parte de un conjunto que puede contribuir a disminuir las diferencias obtenidas en los estudios que tal como informa en la literatura pueden ser atribuibles por muchos motivos [244].

Este ánimo de aumentar la precisión es indispensable para el perfeccionamiento de la técnica; aunque para el implantólogo no iniciado en la técnica, la lectura de tantos artículos con pequeñas variaciones le puede llevar a interpretar que la técnica es “homemade” [611] y provocarle más dudas en cuanto a la eficiencia.

En el año 2013, el Dr. Christoph Vasak del Departamento de Cirugía Oral de la Facultad de Odontología en la Universidad de Medicina Bernhard Gottlieb de Viena, Austria, y cols., publicaron un estudio con el objetivo de evaluar la precisión del concepto NobelGuide™ (Nobel Biocare, Göteborg, Suecia) y comparó dos procedimientos de validación frente a un método de referencia [365].

En total se colocaron 60 implantes en 10 mandíbulas edéntulas.

Para fusionar los conjuntos de datos tomográficos pre y postoperatorios, se utilizaron tres métodos de fusión diferentes: la Técnica de escaneo triple, el software de validación NobelGuide™ y el software AMIRA® (VSG - Visualization Sciences Group, Burlington, USA).

El estudio se realizó utilizando 11 mandíbulas artificiales (Dentsply Friadent, Mannheim, Alemania) de poliuretano idénticas para simular un arco edéntulo.

Una mandíbula sintética simulada se utilizó como modelo de planificación y referencia.

Los otros 10 maniqués de mandíbulas se utilizaron como modelos quirúrgicos.

Se realizaron un total de seis preparaciones de lecho implantario según el protocolo del fabricante de los implantes.

De acuerdo con el protocolo de NobelGuide se elaboró la plantilla o guía tomográfica con los marcadores de gutapercha de 1 x 1,5mm., y se utilizó la Técnica de doble escaneo con tomografías de dosis baja y alta resolución computarizadas multicorte (Tomoscan SR-6000, Philips Medical Systems, Eindhoven, Países Bajos).

Ambas tomografías del modelo de planificación y la plantilla se realizaron de acuerdo con el Protocolo Nobel con un espesor de corte de 1mm., y un tamaño de voxel de 0,5mm.

Los datos DICOM recopilados para el modelo de planificación y la plantilla radiológica se convirtieron y se fusionaron en el Software de planificación Procera® (Versión 2.2,

Nobel Biocare) para obtener imágenes del hueso sintético y la plantilla para posicionamiento preoperatorio tridimensional de los implantes.

Los marcadores de gutapercha se usaron para relacionar la plantilla tomográfica al modelo de planificación, que es esencial para la precisión de la planificación.

Seguidamente se realizó la planificación virtual y una vez finalizada, los datos de planificación se transfirieron electrónicamente a un centro certificado de fabricación (Nobel Biocare) para la producción de una plantilla quirúrgica estereolitográfica con los soportes para el anclaje de los pasadores de sujeción de la guía apropiados.

Después de verificar el asiento exacto de la cirugía plantilla, se realizó la fijación con los pasadores de anclaje.

La preparación de los lechos de implantes guiados y posterior colocación de implantes se llevaron a cabo en estricto cumplimiento de las pautas de NobelGuide™ en continuo control del asentamiento preciso en el modelo.

Usando la plantilla guía de NobelGuide™, los 10 procedimientos de inserción de los implantes en los 10 modelos fueron realizados por un cirujano experimentado.

Después de la colocación experimental de los implantes, los 10 maniqués de las mandíbulas fueron escaneadas nuevamente usando los mismos parámetros de adquisición de imagen y el mismo dispositivo que se utilizó para el examen preoperatorio.

Para fusionar los conjuntos de datos DICOM del pre y datos DICOM postoperatorios, se utilizaron tres diferentes métodos de fusión:

La técnica de escaneo triple, el Software de validación NobelGuide™ (Versión 2.0.0.4, Nobel Biocare) que se aplicaron para comparar los resultados quirúrgicos con las posiciones de implante planificadas y para evaluar más a fondo estos dos métodos de validación; y como tercer sistema se utilizó el Software AMIRA® (Versión 5.4, VSG – Visualización Sciences Group, Burlington, MA, EUA) que fue considerado como referencia.

Para la técnica de escaneo triple y AMIRA®, fueron utilizados para el proceso de fusión los marcadores de gutapercha en la plantilla tomográfica de los datos DICOM preoperatorios y postoperatorios.

Con el Software de validación NobelGuide™ los datos pre y postoperatorios se fusionaron por el sistema de información mutua entre los correspondientes voxels en los dos conjuntos de datos.

Las discrepancias de posición entre los implantes virtuales y las posiciones reales se midieron como desviaciones lineales en el hombro y el ápice de los implantes, así como las desviaciones angulares entre los ejes longitudinales de los implantes planeados y colocados.

Como resultado, las discrepancias entre las posiciones de implante reales y las virtuales mostró que las desviaciones medias medidas con AMIRA<sup>®</sup> fueron de 0,49mm., (hombro del implante), 0,69mm., (ápice del implante) y 1,98 ° (eje del implante).

La técnica de triple escaneado, así como el software de validación NobelGuide<sup>™</sup> revelaron desviaciones similares en comparación con el método de referencia.

Se observó una correlación significativa entre las desviaciones angulares y apicales.

El mayor diámetro del implante se asoció con mayores desviaciones.

El estudio concluye que la técnica de triple exploración como un procedimiento de validación independiente, así como el NobelGuide<sup>™</sup> coinciden con el software AMIRA<sup>®</sup>.

El sistema NobelGuide<sup>™</sup> mostró similar o menos desviaciones espaciales y desviaciones angulares en comparación con los otros.

Utilizan al igual que en nuestro estudio 10 modelos en el que se colocaron 60 implantes.

Usan mandíbulas en lugar del maxilar superior que utilizamos nosotros. No es una diferencia que influya en el estudio de la precisión in vitro ya que las densidades del hueso artificial son idénticas. Si es importante su hallazgo de que los diferentes sistemas de validación coincidieran en los resultados de la precisión.

En el año 2013, Zhenyan Lin del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina en el Hospital de Shenzhen en Guangdong, China, y cols., demuestran en una publicación que la aplicación de las plantillas quirúrgicas pueden transferir la posición del implante virtual a la cirugía de colocación de implantes guiada práctica, con una mayor fiabilidad, precisión y predictibilidad, especialmente en implantes inmediatos de cirugía en área estética <sup>[366]</sup>.

Además, recomiendan la técnica para que los cirujanos realicen cirugías sin colgajo y restauración inmediata.

Sin embargo, algunas investigaciones clínicas y científicas indicaron que existe una desviación a tener en cuenta.

Según los autores, las estadísticas del Tercer Congreso de la EAO (European Association Organization) en 2012, mostraron que, la desviación de distancia media en la entrada era



1,09mm., la desviación media de distancia en el ápice fue de 1,28mm., la desviación media angular fue de 3,9 ° en la cirugía guiada.

Los autores en un caso comprueban que la desviación de distancia de los dos implantes en la entrada fue de 0,62mm., la desviación de la distancia en el ápex fue de e 1,31mm., y 0,69mm., la desviación del ángulo fue de 1,58° y 1,62°.

Es interesante el comentario de que la causa de la desviación la atribuyen a artefactos provocados por elementos metálicos en el momento del escaneado con tomógrafo Cone Beam, la transformación durante el procesamiento de imágenes el software, la expansión y contracción durante la preparación de moldes de yeso, y la tolerancia mecánica entre los orificios de la plantilla y las anillas metálicas. Concordamos en ello, dejando la tolerancia de las anillas para más adelante, añadiendo que se evita con la nueva sistemática.

En el año 2014, Mario Beretta, Pier Paolo Poli y Carlo Maiorana del Departamento de Implantes Dentales, U.O.C. Cirugía Maxilofacial y Odontoestomatología de la Fundación IRCCS Ca Granda, de la Universidad Estatal de Milán, Italia; presentaron un estudio para evaluar la precisión in vivo de la colocación de implantes sin colgajo asistida por computadora mediante la comparación de la posición tridimensional (3D) de los implantes planificados y colocados a través de un análisis de desviaciones lineales y angulares <sup>[367]</sup>.

La posición de los implantes se planeó virtualmente utilizando un software de planificación 3D basado en los requisitos funcionales y estéticos de las restauraciones finales.

La posición 3D de los implantes planificados y colocados, en términos de las desviaciones lineales de la cabeza y el ápice del implante y las desviaciones angulares del eje del implante, se comparó superponiendo las exploraciones de tomografía computarizada preoperatoria y postoperatoria mediante un software dedicado.

La comparación de 14 implantes mostró una desviación lineal media de la cabeza del implante de 0,56mm., (desviación estándar 0,23), una desviación lineal media del ápice del implante de 0,64mm., (desviación estándar 0,29); y una media angular desviación del eje largo de 2,42 ° (desviación estándar 1,02).

Concluyeron que la cirugía de implantes sin colgajo asistida por computadora, pareció proporcionar varias ventajas a los médicos, en comparación con el procedimiento estándar; sin embargo, se producen desviaciones lineales y angulares.

Por lo tanto, la planificación prequirúrgica precisa, teniendo en cuenta las limitaciones anatómicas y las demandas protésicas, es obligatoria para garantizar un tratamiento predecible, sin incurrir en posibles complicaciones intra y postoperatorias.

En nuestra revisión encontramos que, es el primer artículo en que en el abstracto utiliza la palabra “mandatory” refiriéndose a la técnica.

En el año 2014, Gustavo Yatzkair, con Clínica privada en Jerusalén, Israel y Alice Cheng, y Barbara D. Boyan, del Departamento de Ingeniería Biomédica, Instituto de Tecnología de Georgia y Universidad de Emory, Atlanta, USA., realizaron un estudio con el objetivo de examinar la precisión de la colocación de implantes guiada por computadora utilizando un modelo de cadáver humano <sup>[368]</sup>.

Se colocaron veintiocho implantes dentales, que representan doce casos clínicos en cuatro cabezas de cadáver, utilizando una guía de implantación guiada estática.

Toda la planificación y las cirugías fueron realizadas por un solo profesional. Todas las radiografías y mediciones fueron realizadas por dos examinadores.

La distancia de los implantes desde el hueso bucal y lingual y el implante o diente mesial se analizó a nivel apical y coronal, y las mediciones se compararon con los valores planificados. No se observaron diferencias significativas entre las mediciones planificadas y las implantadas.

La desviación promedio de un implante de su planificación fue de 0,8mm., que se encuentra dentro del rango de variabilidad esperado del análisis por tomografía computarizada.

Este estudio sugiere que la implantación guiada puede usarse con seguridad en casos difíciles cerca de estructuras anatómicas.

Concluyeron que la implantación guiada se puede utilizar de forma segura con un margen de error de seguridad de 1mm. <sup>[368]</sup>.

En el 2014, Renaud Noharet, Andreas Pettersson, y Denis Bourgeois de la Facultad de Odontología de la Universidad de Lyon, Francia trabajaron sobre la idea de que la

posición de los implantes puede tener un efecto sobre la obtención de la osteointegración sin complicaciones y sobre el resultado de las prótesis.

Compararon la precisión de la colocación del implante con la cirugía guiada por computadora y Cirugía a mano alzada en el área atrófica del maxilar posterior.

Se incluyeron en el estudio seis cadáveres humanos. Se planearon treinta y nueve implantes con el software. Se realizaron dos tipos de cirugías.

La posición de los implantes planificados se comparó con la posición real. Un análisis multivariable se usó para cada variable, (densidad ósea, longitud del implante, angulación del implante y técnica quirúrgica), para evaluar el efecto de estas variables en la precisión de la colocación de los implantes.

Las pruebas estadísticas encontraron que la cirugía guiada ofrece una precisión significativamente mejor para la plataforma, ápice y angulación de los implantes.

Sin embargo, la precisión de los 2 métodos fue similar para el parámetro de profundidad.

La densidad ósea no influyó en la precisión de la colocación del implante <sup>[370]</sup>.

En el 2014, Ali Tahmaseb Profesor Asociado del Departamento de Implantología Oral y Odontología Protésica, Centro Académico de Odontología (ACTA), de la Universidad de Ámsterdam, Países Bajos, y cols., evaluaron la literatura sobre la precisión y el rendimiento clínico de la cirugía de implantes asistida por computadora <sup>[371]</sup>.

Se realizó un análisis de 2.359 artículos, se seleccionaron 14 estudios de supervivencia y 24 de precisión que fueron incluidos en esta revisión sistemática.

Los resultados se limitaron a estudios publicados entre el 1 de enero de 2008 y el 9 de enero de 2012, escritos en inglés, alemán, italiano o francés.

Nueve diferentes sistemas de guías estuvieron involucrados.

El metaanálisis de la precisión reveló un error medio total de 1,12mm., (máximo de 4,5mm.), en el punto de entrada medido en 1.530 implantes y 1,39mm., en el ápice (máximo de 7,1mm.) medido en 1.465 implantes.

Para los 14 estudios de supervivencia incluidos (un total de 1.941 implantes), la tasa de fracaso promedio fue del 2,7% (0% a 10%) después de un periodo de observación de al menos 12 meses.

En el 36,4% de los casos tratados, se informó de que se produjeron complicaciones intraoperatorias o protésicas: fracturas de la plantilla guía durante la cirugía, cambio de plan debido a factores tales como estabilidad primaria limitada del implante, necesidad

de procedimientos adicionales de injerto, aflojamiento protésico del tornillo, inadaptación protésica y fractura de prótesis.

Las fracturas de la guía fueron relativamente frecuentes también para nosotros al principio con la sistemática original ya que se obtenía a partir de como el laboratorio había fabricado la férula radiológica. Problema ya superado con la nueva sistemática.

En el año 2014, Marjolein Vercruyssen del Departamento de Periodoncia de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica y cols., evaluaron la precisión de la cirugía guiada en comparación con la navegación mental o el uso de una plantilla quirúrgica en pacientes completamente edéntulos [372].

Se asignaron aleatoriamente sesenta pacientes consecutivos (72 mandíbulas) que requerían de cuatro a seis implantes (maxilar o mandíbula), a una de las siguientes modalidades de tratamiento: cirugía guiada, navegación mental, o una plantilla de fresado piloto.

La precisión fue evaluada al superponer la planificación con un tomógrafo de Cone Beam postoperatorio. Las desviaciones se registraron en vertical (profundidad) y horizontal (lateral). Este último subdividido en bucolingual y (mesiodistal)

La desviación vertical media global para los grupos de cirugía guiada fue de 0,9mm.  $\pm$  0,8 (rango: 0,0-3,7) y 0,9mm.  $\pm$  0,6 (rango: 0,0-2,9) en la dirección horizontal.

Para los dos grupos no guiados fue de 1,7mm.  $\pm$  1,3 (rango: 0,0-6,4) y 2,1mm.  $\pm$  1,4 (rango 0,0-8,5), respectivamente ( $p < 0,05$ ).

La desviación media global para los grupos de cirugía guiada en la dirección mesiodistal fue 0,6mm.  $\pm$  0,5 (rango: 0,0-2,5) y 0,5mm.  $\pm$  0,5 (rango: 0,0-2,9) en dirección bucolingual.

Para los dos grupos no guiados fue de 1,8mm.  $\pm$  1,4 (rango: 0,0-8,3) y 0,7mm.  $\pm$  0,6 (rango 0,0-2,9), respectivamente.

La desviación en la dirección mesiodistal fue significativamente mayor en los grupos no guiados ( $p = 0,0002$ ).

Concluyeron que la inexactitud más importante con la cirugía guiada es en dirección vertical (profundidad). La imprecisión en la dirección mesiodistal o bucolingual es claramente menor. Para la cirugía no guiada, la inexactitud es significativamente más alta. La profundidad de inserción de implante está controlada pero no cuando se realiza a mano alzada como demostraron en este experimento en uno de los grupos. Tal como se

referenciará más adelante, comentan que el mayor riesgo se sitúa en la mandíbula posterior por la presencia del nervio alveolar inferior.

En el 2015 Yi Sun y cols., del Departamento de Radiodiagnóstico de la Facultad de Medicina y del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital de Leuven, en Bélgica, presentan un estudio con el objetivo de evaluar la viabilidad y la precisión de la colocación de implantes dentales utilizando una plantilla quirúrgica guiada con soporte óseo [373].

Se colocaron treinta y ocho implantes (dieciséis en maxilar superior y veintidós en la mandíbula, en pacientes totalmente edéntulos (tres maxilares superiores y cuatro mandíbulas).

Se aplicó la técnica de superposición basada en voxels para hacer coincidir las exploraciones radiográficas preoperatorias y postoperatorias.

La desviación angular media y la desviación lineal media en el hexágono y el ápice del implante fueron  $6,4 \pm 3,7^\circ$  ( $0,7^\circ - 14,8^\circ$ ),  $1,47 \pm 0,64\text{mm.}$ , ( $0,5 - 2,56\text{mm.}$ ) y  $1,70 \pm 1,01\text{mm.}$ , ( $0,71 - 4,39\text{mm.}$ ), respectivamente.

La plantilla quirúrgica osteosoportada mostró una precisión aceptable para uso clínico, que presenta una mejor accesibilidad cuando usan este tipo de plantilla quirúrgica tanto en maxilar superior como en la mandíbula; hecho que es particularmente importante en pacientes con abertura de boca reducida. Concordamos en ello, aunque utilizando las guías dentomucosoportadas que no necesitan colgajo, la limitación de apertura supone una incomodidad para el implantólogo salvable en prácticamente todos los casos con la experiencia y los nuevos kits quirúrgicos equipados con fresas más cortas.

En el año 2015, Wei Geng, Profesor del Departamento del Centro de Implantología Dental del Hospital de Estomatología de la Universidad de Jilin, China; y cols. del Departamento del Centro de Implantología Dental de la Facultad de Estomatología, de Beijing, China y del Departamento de Implantología Dental del Peking Unión Medical College Hospital, Beijing, China evaluaron los resultados clínicos de los implantes colocados usando diferentes tipos de guías quirúrgicas de diseño asistido por computadora / fabricación asistida por computadora CAD / CAM (Computer-Aided Design: diseño asistido por computadora / Computer-Aided Manufacturing: fabricación

asistida por computadora), incluyendo plantillas parcialmente guiadas y totalmente guiadas, y determinaron la precisión de estas guías [362].

En total, se colocaron 111 implantes en 24 pacientes utilizando las guías. Después de la inserción del implante, las posiciones y angulaciones de los implantes colocados en relación con las planificadas se determinaron utilizando un software especial que coincidía con las imágenes de tomografía computarizada pre y postoperatorias, y las desviaciones se calcularon y compararon entre las diferentes guías y plantillas.

Las desviaciones angulares medias fueron  $1,72 \pm 1,67$  y  $2,71 \pm 2,58$ , las desviaciones medias en posición en el cuello fueron  $0,27 \pm 0,24$  y  $0,69 \pm 0,66$ mm., las desviaciones medias en la posición en el ápice fueron  $0,37 \pm 0,35$  y  $0,94 \pm 0,75$ mm., y las desviaciones medias de profundidad fueron  $0,32 \pm 0,32$  y  $0,51 \pm 0,48$ mm., con guías estereolitográficas con soporte de dientes y mucosas, respectivamente ( $p < 0,05$  para todos).

Las desviaciones medias de distancia cuando se usaron plantillas parcialmente guiadas (29 implantes) y totalmente guiadas (30 implantes) fueron  $0,54 \pm 0,50$ mm., y  $0,89 \pm 0,78$ mm., respectivamente, en el cuello y  $1,10 \pm 0,85$ mm., y  $0,81 \pm 0,64$ mm., respectivamente en el vértice, con desviaciones angulares medias correspondientes de  $2,56 \pm 2,23$  ° y  $2,90 \pm 3,0$  ° ( $p > 0,05$  para todos).

Concluyeron que las guías quirúrgicas con soporte óseo o dental pueden ser más precisas que las guías con soporte mucoso, mientras que las plantillas guiadas parcial o totalmente, pueden simplificar la cirugía y ayudar a una colocación óptima del implante [362].

En el 2015, V. Moraschini, Profesor del Departamento de Periodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Federal Fluminense de Niteroi, Rio de Janeiro, Brasil, y cols., evaluaron en una revisión sistemática la tasa de supervivencia de los implantes, los cambios en nivel óseo marginal y las complicaciones asociadas con cirugía guiada para el tratamiento de pacientes totalmente edéntulos seguidos durante más de 1 año [374].

Los autores realizaron una búsqueda exhaustiva de la literatura en MEDLINE / PubMed y el Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados para recopilar estudios publicados hasta julio del 2014 que cumplieran con los criterios de elegibilidad predefinidos.

Trece estudios se incluyeron. En estudios sobre la técnica de cirugía guiada, se encontró una tasa de supervivencia del 97,2% y se encontró una pérdida media de hueso marginal de 1,45mm., durante 1-4 años de seguimiento.

Sin embargo, se encontraron complicaciones asociadas, como la pérdida de implantes, prótesis o la cirugía; a menudo se encontraron fracturas de la guía y baja estabilidad primaria; por lo que hay una curva de aprendizaje para lograr el éxito del tratamiento [374]. La estabilidad primaria imprescindible para la osteointegración y carga inmediata se consigue mucho más fácilmente con la experiencia estudiando la densidad ósea en la planificación y la técnica de fresado que referenciamos más adelante.

En el 2015, Kitichai Rungcharassaeng, Profesor del Departamento de Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial de la Facultad de Odontología de Loma Linda en California, USA., y cols., publicaron que a pesar de que las tecnologías de alta precisión se han utilizado en cirugía de implantes guiados por computadora, los estudios han demostrado que existen ciertas desviaciones lineales y angulares entre los implantes planificados y colocados [375]. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de la experiencia del operador en la precisión de la colocación del implante con un protocolo de cirugía guiada por computadora.

Diez operadores experimentados quirúrgicamente y 10 quirúrgicamente inexpertos participaron en este estudio. Cada operador colocó 1 implante dental (Replace Select) en el modelo mandibular edéntulo que se había planificado con software siguiendo una el protocolo de cirugía (NobelGuide).

Los implantes fueron luego superpuestos para obtener información tridimensional de las desviaciones entre lo planificado y colocado.

Las desviaciones lineales horizontales y verticales tanto en el ápice y a nivel de la plataforma y la desviación angular se midieron y compararon entre los grupos experimentados e inexpertos.

No se encontraron diferencias significativas en las desviaciones angulares y lineales entre los dos grupos. Aunque no es estadísticamente significativa ( $p > 0,01$ ), la cantidad de desviación vertical en la dirección coronal de los implantes colocados por los operadores inexpertos era aproximadamente el doble que en los colocados por los operadores experimentados.

En general, las desviaciones apicales bucales fueron más frecuentes y de mayor magnitud. La precisión de la dimensión vertical (profundidad de la colocación del implante) fue más influenciada por el nivel de experiencia del operador [375].

En el año 2017, el Dr., Alberto Maria Albiero, Especialista en Cirugía Maxilofacial con práctica privada en Udine, Italia y cols., publicaron un artículo donde comentaban que la inexactitud que existe en la colocación de implantes guiada por computadora puede conducir a complicaciones cuando se combina con una prótesis prefabricada cargada inmediatamente <sup>[377]</sup>.

El objetivo de una serie de casos clínicos fue presentar el uso de una técnica de soldadura intraoral para aumentar la predictibilidad de los implantes cargados de inmediato, que soportan una prótesis de arcada completa después de la colocación de implantes sin colgajo guiados por computadora.

Se colocaron consecutivamente en 10 pacientes un total de 60 implantes Ankylos plus (Dentsply) con un ancho de 3,5mm. y una longitud de 8 a 14mm.

Los implantes se cargaron funcionalmente usando la técnica de soldadura intraoral el día de la cirugía.

La precisión de la colocación guiada del implante se evaluó haciendo coincidir la planificación de tomografías computarizadas con haz cónico con el escaneo postoperatorio.

No se registraron complicaciones mecánicas o biológicas durante el año de seguimiento.

La desviación coronal global de la colocación de los implantes varió de 0,25 a 2,84mm., (desviación estándar: 0,6mm.), con una media de 1,28mm.

La desviación angular promedio fue de 3,42 grados (rango 0,38-7,82 grados; desviación estándar: 1,52 grados).

La desviación apical global osciló entre 0,36 y 3,85mm., (desviación estándar: 0,71mm.), con una media de 1,65mm. A pesar de la inexactitud registrada, el enfoque de soldadura guiada permitió el logro exitoso de un ajuste pasivo de la prótesis de arcada completa en los implantes insertados el mismo día de la cirugía y proporcionó un alto índice de supervivencia protésica y de los implantes en el seguimiento de 1 año.

Debemos recalcar que la prótesis debe de fabricarse aliviada y rebasarla en este caso en boca para salvar las desviaciones en precisión.

Nuestra experiencia en equipo de la prótesis con estructura soldada ha sido elaborándola y soldándola fuera de la boca. Ya que en boca presumimos que resulta más dificultosa.

En todo caso se requiere un diseño de la estructura bien sea físicamente o virtual como en este novedoso artículo, pero siempre realizado por profesionales con formación y experiencia en estructuras. Los resultados en cuanto a resistencia de la prótesis parecen



esperanzadores, aunque es necesario más tiempo de seguimiento para llegar a conclusiones.

En el 2016, Du-Hyeong Lee, Kyu-Bok Lee del Departamento de Prostodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Kyungpook, en Daegu, República de Corea, presentó la introducción de un sistema de cirugía de implantes guiados que lograba una tolerancia mínima de instrumentación mediante el uso de fresas modificadas [390].

El propósito de este estudio fue evaluar la precisión de esta nueva instrumentación.

En el estudio, se colocaron 21 implantes en 11 pacientes consecutivos utilizando el sistema de cirugía guiada con el nuevo sistema de perforación.

La guía quirúrgica estereolitográfica fue fabricada a partir de la tomografía computarizada de haz cónico, escaneo digital, y diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora de la guía.

El sistema de guía directa de perforación en este estudio utiliza fresas modificadas cuya estructura tiene 3 partes: de arriba abajo son: el tope, la parte que guía la perforación al pasar en íntimo contacto guiado por el hueco cilíndrico de la guía y la parte que perfora. Esta característica según los autores elimina la necesidad de agregar una anilla cilíndrica metálica a la guía quirúrgica.

Se tomó una impresión convencional, y se obtuvo un modelo de yeso piedra para cada paciente. Se escaneó el modelo de yeso con un escáner de laboratorio (Ceramill Map 400; Amann Girrbach, Koblach, Austria).

La tomografía se realizó utilizando un tomógrafo de Cone Beam (PaX-Flex3D; Vatech Co., Hwasung, Corea) con un campo de visión de 120 × 85mm., tamaño de voxel de 0,2mm., y condiciones de exposición de 90 kVp., 10 mA y barrido pulsado de 24 segundos.

Durante la toma de imágenes radiográficas, los pacientes usaban una férula radiopaca (MegaGen Implant, Gyeongbuk, Corea) en oclusión céntrica.

La férula también se digitalizó en un archivo con formato stl usando el escáner de laboratorio (Ceramill Map 400; Amann Girrbach, Koblach, Austria).

El archivo tomográfico y los dos archivos digitales con formato stl se importaron en un programa de software de planificación de implantes (R2GATE 1.0; MegaGen Implant, Gyeongbuk, Korea) donde las imágenes se fusionan y se realiza la cirugía virtual.

El sistema de fusión de imágenes se realizó de forma manual seleccionando tres puntos de referencia anatómicos de la dentición.

Después de la cirugía, se midieron las desviaciones posicionales y angulares entre los implantes planificados y colocados.

Las desviaciones horizontales medias fueron de 0,593mm. (SD 0,238) en sentido mesiodistal y 0,691mm. (SD 0,344) bucolingualmente. La desviación vertical media fue de 0,925mm., (SD 0,376) oclusogingivalmente

La desviación vertical fue significativamente mayor que la desviación horizontal.

La desviación angular media fue de 2,024° (SD 0,942) mesiodistal y 2,390° (SD 1,142) bucolingualmente.

Concluyen los autores que el nuevo sistema de perforación demuestra alta precisión en la colocación de los implantes y que el uso de este tipo de fresas es una forma efectiva de reducir la tolerancia.

Son datos similares a nuestro estudio. El autor busca la precisión con una variación en el diseño de la fresa que no precisaría la llave reductora en la anilla y eliminaría la suma de ese pequeño error de margen de ajuste. Por otra parte, la fresa no va guiada por la anilla hasta que la parte superior de la fresa entra en contacto. Una vez más nos encontramos ante ingeniosas variaciones en busca de mejorar la precisión que constituyen uno más de los múltiples factores que intervienen en el proceso rehabilitador.

En este caso utilizaron el escaneado digital del modelo de yeso y la férula radiológica con un aparato de laboratorio, para superponerlo a la imagen tomográfica y lograr mayor precisión de la imagen.

Además de la fijación, la guía de perforación difiere en los diversos diseños de guías quirúrgicas <sup>[245]</sup>. Aunque es sistema de fijación es similar en casi todos los fabricantes, se han estudiado otras opciones:

Con este propósito, en el año 2016, L. M. Verhamme, G. J. Meijer, A. Soehardi, S.J. Berge, T. Xi1, T. J. J. Maal del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial de Radboud University Nijmegen, Países Bajos; y del Departamento de Implantología y Periodoncia, realizaron un estudio de la precisión de la colocación planificada del implante por computadora en el maxilar regenerado usando tornillos de osteosíntesis <sup>[246]</sup>. Al usar los tornillos de osteosíntesis colocados durante el procedimiento de aposentamiento, la plantilla quirúrgica podría ser óptimamente estabilizada.

Se calcularon las desviaciones de los implantes entre la planificación y la colocación. Se instalaron un total de 72 implantes. La media las desviaciones encontradas en la dirección mesiodistal fue de 0,817mm., en la punta del implante y 0,528mm., en el hombro del implante. La desviación angular fue 2,9248°. En la dirección bucolingual, se registró una desviación de 1,038mm., en la punta del implante y 0,633mm., en el hombro del implante. La desviación angular fue 3,4408°. Este estudio mostró que la colocación de implantes en el maxilar utilizando una plantilla quirúrgica compatible con tornillos de osteosíntesis es precisa.

En el 2017, Wenjuan Zhou, Profesor del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial, de la Facultad de Medicina Dental de Farmington, USA., y cols., realizaron una revisión sistemática de la literatura dental actual con respecto a la precisión clínica de la cirugía de implantes guiada y analizaron los factores clínicos involucrados <sup>[378]</sup>.

Se estudiaron las siguientes mediciones de resultados: (1) desviación del ángulo, (2) desviación en el punto de entrada, y (3) desviación en el ápice. Se incluyeron catorce estudios clínicos que inicialmente cumplían con los criterios de inclusión.

El análisis reveló una desviación media en el punto de entrada de 1,25mm. (Intervalo de confianza del 95%: 1,22-1,29), 1,57mm., (Intervalo de confianza del 95%: 1,53-1,62) en el ápice, y 4,1° en la angulación (Intervalo de confianza del 95%: 3,97-4,23).

Una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) se observó en desviaciones angulares entre el maxilar y la mandíbula.

La cirugía parcialmente guiada mostró una mayor desviación estadísticamente significativa en angulación ( $p < 0,001$ ), en el punto de entrada ( $p < 0,001$ ), y en el ápice ( $p < 0,001$ ) en comparación con la cirugía totalmente guiada.

El resultado de la cirugía guiada sin colgajo indicaba significativamente más precisión en la angulación ( $p < 0,001$ ), en el punto de entrada ( $p < 0,001$ ), y en el ápice ( $p < 0,001$ ).

Se encontraron diferencias significativas en la desviación angular en función del uso del tornillo de fijación ( $p < 0,001$ ).

Concluyeron que el posicionamiento de la guía, la fijación de la guía, el tipo de guía y el colgajo podrían influir en la precisión de la cirugía de implantes asistida por computadora. Ahondan pues en el condicionante de que el implante debe de ir también totalmente guiado para obtener mejor precisión.

En el 2018, Daniel Amaral Alves Marliere, del Departamento de Odontología Clínica de la Facultad Federal de Juiz de Fora en Brasil y cols., realizaron una revisión sistemática de la precisión de la cirugía guiada por computadora para la colocación de implantes dentales en pacientes totalmente desdentados [379].

Evaluaron los estudios clínicos con respecto a la precisión entre la planificación virtual de la cirugía guiada por computadora y los resultados reales de las colocaciones de implantes dentales en las crestas alveolares edéntulas totales.

Se realizó una búsqueda en PubMed para identificar solo los estudios clínicos publicados entre 2011 y 2016. Siete artículos fueron incluidos en esta revisión. Describen el uso de guías óseo y mucosoportadas, que demuestran las desviaciones angulares y cervicales y apicales desde (medios mínimos y máximos), respectivamente, 1,85-8,4 (°), 0,17-2,17 (mm) y 0,77-2,86 (mm).

Las desviaciones angulares obtuvieron la mayoría de las inexactitudes en maxila.

Para las desviaciones cervicales y apicales, la precisión fue preponderantemente menor en el maxilar superior.

A pesar de las desviaciones descritas, la relevancia clínica de este estudio puede ser útil para advertir al cirujano sobre los márgenes de seguridad necesarios a tener en cuenta en las situaciones clínicas.

En el año 2018, Cheongbeom Seo y Gintaras Juodzbaly del Departamento de Cirugía Maxilofacial de la Universidad Lituana de Ciencias de la Salud, Kaunas, Lituania, realizaron una revisión sistemática de la precisión de la colocación de implantes con guía quirúrgica estereolitográfica mucosoportada y para definir qué factores pueden influir en la precisión [380].

Se realizó una búsqueda electrónica de literatura a través de las bases de datos MEDLINE (PubMed) y EMBASE.

Los artículos incluyen estudios humanos publicados en inglés de octubre de 2008 a octubre de 2017.

Se analizaban las desviaciones entre la planificación virtual y la colocación del implante real en relación con la posición apical, coronal y de angulación.

Se revisaron un total de 119 artículos, y se seleccionaron 6 de los artículos más relevantes que son adecuados para los criterios.

Los datos incluyeron 572 implantes y 93 pacientes. El resultado en la presente revisión sistemática muestra que la desviación global apical media varía de 0,67mm., (desviación estándar 0,34), a 2,19mm., (desviación estándar 0,83), la desviación global coronal media varía de 0,6mm., (desviación estándar 0,25), a 1,68mm., (desviación estándar 0,25), y la desviación angular media va desde 2,6 ° (desviación estándar 1,61 °) a 4,67° (desviación estándar 2,68°).

Concluyeron que la mayoría de los estudios examinados muestran claramente que la cirugía con guía estereolitográfica mucosoportada, no excede apicalmente en desviación de 2,19mm., coronalmente de 1,68mm., y en desviación angular de 4,67°.

Los cirujanos deberían tener en cuenta las posibles desviaciones lineales y angulares del sistema.

La precisión puede estar influenciada por la densidad ósea, el espesor de la mucosa, técnicas quirúrgicas, tipo de mandíbula, hábito de fumar y longitud del implante <sup>[380]</sup>.

En nuestro estudio la desviación apical no excede de 1,66 en el grupo 1 y de 1,61 en el grupo 2 y la desviación angular en ambos de 2,9. En nuestra opinión y basándonos en la extensa literatura expuesta, tal como hemos comentado de las diferentes publicaciones, puede deberse a múltiples causas del procedimiento, la experiencia del equipo y operador, así como el uso de implantes cilíndricos perfectamente guiados, desde el inicio hasta el final de su inserción, por las anillas y la instrumentación.

### *Precisión de la Nueva sistemática usando la imagen escaneada de la impresión dental*

La precisión de la nueva sistemática la hemos valorado con el estudio del Grupo 2 comparándolo con el otro grupo 1 experimental de la sistemática original y el grupo 3 de planificación no guiada por ordenador.

Las técnicas digitales avanzan y se integran a pasos agigantados. [381] [382] [383] [179] [384] [385]. En los últimos años han aparecido artículos relacionados utilizando las nuevas tecnologías de escaneado [386].

Las publicaciones científicas de los últimos años resaltan con entusiasmo las ventajas de la técnica con la aparición de la nueva sistemática de utilizar el escaneado de la impresión dental en lugar de la tomografía de la férula radiológica [387].

Hoy en día el software conversor permite superponer las imágenes obtenidas de la tomografía con los archivos de diseño STL (Standard Triangle Language); tanto de la dentadura, como de la prótesis virtual.

En el 2015, Ryan C. Lewis y cols., del Departamento de Salud Oral y Rehabilitación, de la Facultad de Odontología, Universidad de Louisville, USA., describen el tratamiento de colocación de implantes inmediatos maxilares y mandibulares y prótesis dentales fijas provisionales completas con soporte de implantes cargados inmediatamente con un enfoque digital contemporáneo con éxito [376].

El autor recalca que elimina la necesidad de la férula radiológica al utilizar el diseño digital de la rehabilitación protésica.

En el año 2017, Marieke A.P. Filius del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial de la Universidad de Groningen Medical Center, Países Bajos y cols., realizan un estudio con el objetivo de analizar la precisión de la guías quirúrgicas diseñadas por computadora en la colocación de los implantes, particularmente en casos comprometidos [392].

Muestran el beneficio de un flujo de trabajo virtual tridimensional completo para guiar la colocación de implantes en casos de oligodoncia donde el tratamiento es desafiante debido a la cantidad de hueso comprometido y espacios interdentes limitados.

La oligodoncia es la ausencia congénita de seis o más dientes permanentes, excluyendo los terceros molares. La necesidad de rehabilitación oral en pacientes con oligodoncia es alta ya que a menudo sufren problemas funcionales y estéticos debido a la gran cantidad de dientes ausentes.

La prostodoncia basada en implantes parece ser favorable para mejorar la función oral y la estética en oligodoncia.

El tratamiento de implantes en oligodoncia es, en general, complejo. El volumen óseo disponible a menudo está limitado para la colocación de los implantes; por ejemplo, sobre el nervio mandibular debido al subdesarrollo de la mandíbula en el área con los dientes ausentes, así como a la reducción del volumen óseo debido a la resorción fisiológica del proceso alveolar después de un diente decíduo sin un sucesor.

La precisión se evaluó calculando las coordenadas del punto de entrada (hombro) y ápice (punta), así como la desviación angular de los implantes planificados y reales.

La desviación media del hombro fue de 1,41mm., (SD 0,55), la desviación apical media fue de 1,20mm., (SD 0,54) y la desviación angular media fue de 5,27° (SD 2,51).

Concluyen que las guías quirúrgicas diseñadas por computadora, ayudan en la colocación predecible de implantes en oligodoncia, donde la cantidad de hueso es escasa.

En 2017, el Dr. Marco Tallarico, Profesor de la Universidad Aldent de Tirana, con práctica privada en Roma y cols., presentan un artículo científico con el objetivo de comparar la tasa de supervivencia de los implantes, las complicaciones relacionadas con la guía y la precisión de la planificación virtual asistida por computadora; con la colocación de implantes con una plantilla guía obtenida utilizando el escaneo de una impresión convencional o bien la impresión digital para rehabilitar pacientes parcialmente desdentados sin colgajo y carga inmediata <sup>[106]</sup>.

Se inscribieron pacientes parcialmente edéntulos que requirieran al menos un implante, para ser planeado sobre la base de tomografía computarizada de haz cónico utilizando el software de planificación <sup>[106]</sup>.

Los pacientes fueron aleatorizados según un diseño de dos grupos paralelos, separados según se realizara la impresión digital intraoral (grupo completamente digital), versus la impresión convencional y escaneo en un escáner fijo tipo de laboratorio (grupo de control).

Los implantes se colocan sin colgajo y se cargan protésicamente de inmediato, con prótesis provisionales; si se consigue insertar el implante con más de 35Ncm., de torque. Se definieron y calcularon tres parámetros de desviación (horizontal, vertical y angular) y tras la colocación de los implantes se analizaron las posiciones de los implantes y se realizó el estudio estadístico.

Se trataron doce pacientes; 6 pacientes con 17 implantes en total en el grupo totalmente digital y otros 6 con 20 implantes en total en el grupo control.

Los pacientes no fueron admitidos en el estudio si se cumplió cualquiera de los siguientes criterios de exclusión: contraindicación médica general para cirugía oral American Society of Anesthesiologists [ASA] estado físico clase III o IV), irradiación el área de la cabeza y el cuello a menos de un año antes de la implantación, problemas psiquiátricos, abuso de alcohol o drogas, embarazo o lactancia, periodontitis no tratada, bruxismo severo o grandes apretadores, diabetes descontrolada, mala higiene oral y falta de motivación o incapacidad para completar el seguimiento.

La investigación fue conducida de acuerdo con los principios incorporados en la Declaración de Helsinki de 1975 para investigación biomédica que involucra sujetos humanos, revisada en 2008.

Todos los pacientes fueron informados sobre la naturaleza del tratamiento y se obtuvo su consentimiento por escrito. Todos los pacientes tienen registros fotográficos, radiografías periapicales o panorámicas para diagnóstico inicial y evaluación.

En el grupo que los autores denominaron completamente digital, se tomó una impresión digital usando un escáner intraoral CS 3600 (Carestream Dental, Atlanta, USA.).

Los datos digitales en formato de interfaz STL fueron importados en un software de diseño 3-D (Exocad DentalCAD, Darmstadt, Alemania) para realizar un encerado virtual según los requisitos funcionales y estéticos).

En el grupo de control, se tomó una impresión dental con poliéter (Impregum, 3M ESPE, Seefeld, Alemania) utilizando una cubeta individual personalizada (Diatray Top, Dental Kontor, Stockelsdorf, Alemania).

Las impresiones fueron vaciadas por vertido de yeso tipo IV (T6, Grupo Techim, Arese, Italia) y luego los modelos fueron montados en un articulador completamente ajustable (PROTARevo 7, KaVo Dental, Biberach, Alemania).

Luego, se realizó un encerado de acuerdo con los requisitos funcionales y estéticos.



Finalmente, el molde maestro o modelo de yeso y el encerado se digitalizaron usando un escáner de laboratorio (Sinergia-Scan, Version 2016 Plus, Nobil-Metal, Villafranca d'Asti, Italia).

En ambos grupos, los datos fueron importados en un programa informático de planificación 3-D (3Diagnosys, Versión 4.2, 3DIEMME, Cantú, Italia).

Entonces, se fusionaron la imagen ósea obtenida de los datos (usando un Filtro de escala Hounsfield) y la superficie generada por el proceso de escaneado del modelo con el encerado o por el proceso de escaneo intraoral, utilizando las herramientas de reposicionamiento y fusión del software.

En este punto, se planificó el tamaño y la ubicación de los implantes y los mini pilares, teniendo en cuenta la calidad del hueso / cantidad, espesor del tejido blando, detalles anatómicos, y el tipo, volumen y forma de la restauración final.

Después de una cuidadosa evaluación funcional y estética con verificación final, el plan de tratamiento basado en la prótesis fue aprobado, y se fabricó una plantilla quirúrgica estereolitográfica con la nueva tecnología de prototipado rápido (Nueva Ancorvis, Bolonia, Italia).

En el grupo de control, el ajuste preciso de la guía quirúrgica se probó sobre el modelo de yeso y en la boca del paciente, mientras que, en el grupo completamente digital, el ajuste de la guía quirúrgica fue probado directamente en la boca del paciente

Todos los pacientes fueron tratados bajo anestesia local usando articaína con epinefrina 1:100,000, administrada 20 minutos antes de la cirugía.

La guía se estabilizó en boca en relación con la arcada antagonista usando un índice de silicona, derivado de los modelos articulados (grupo de control) o del plano virtual (grupo totalmente digital), y con de dos a cuatro pines de anclaje planificados previamente.

Se extrajeron los dientes necesarios después de la colocación de los implantes para mejorar la estabilidad de la guía quirúrgica y alinear las exploraciones pre y posquirúrgicas.

En el caso de los implantes post-extractivos inmediatos, los dientes residuales se extrajeron lo más atraumáticamente posible inmediatamente antes de la cirugía.

Los implantes planificados (Osstem TSIII, Osstem) se colocaron sin colgajo o con un colgajo mínimamente invasivo utilizando fresas específicas (kit OsstemGuide [Taper], Osstem), siguiendo el protocolo completo.

Las restauraciones temporales se realizaron con coronas acrílicas prefabricadas, que fueron recortadas y pulidas en el propio sillón dental. Las restauraciones individuales se dejaron en posición oclusal no oclusiva. Las restauraciones temporales múltiples fueron ferulizadas y reforzadas utilizando un marco de metal.

Inmediatamente después de la colocación de los implantes, en ambos grupos, se realizó una impresión digital utilizando el escáner intraoral CS 3600, utilizando pilares específicos de escaneo tipo AQ de Nueva Ancorvis, para verificar la posición de los implantes colocados.

El Archivo postoperatorio, derivado del escaneado intraoral, se alineó geométricamente con los archivos exportados desde la planificación, por automatización de los registros de imagen usando el sistema de información mutua (Dental SCAN, Versión 6, Open Technologies, Brescia, Italia).

La desviación angular y las desviaciones lineales horizontal (lateral), y vertical (profundidad) entre la planificación virtual y el resultado de la colocación de los implantes, se calculó a lo largo del eje longitudinal de cada implante. Un ingeniero experto realizó todas las medidas.

El error promedio en la angulación fue de  $2,56 \pm 1,52^\circ$  (rango:  $0,3-5,0^\circ$ ) en el grupo completamente digital, y  $2,18 \pm 1,41^\circ$  (rango:  $0,3-5,8^\circ$ ) en el grupo control ( $p = 0,519$ ).

En el plano horizontal (mesiodistal), el error medio fue de  $0,57 \pm 0,32\text{mm.}$ , (rango:  $0,1-1,1\text{mm.}$ ) en el grupo completamente digital y  $0,43 \pm 0,26\text{mm.}$ , (rango:  $0,1-0,9\text{mm.}$ ) en el grupo de control ( $p = 0,249$ ).

En el plano vertical (apicocoronal), el error medio fue  $0,67 \pm 0,51\text{mm.}$ , (rango:  $0,0-1,6\text{mm.}$ ) en el grupo completamente digital y  $0,43 \pm 0,32\text{mm.}$ , (rango:  $0,0-1,2\text{mm.}$ ) en el grupo control ( $p = 0,180$ ).

Los pacientes fueron seguidos mensualmente hasta un año después de la colocación de los implantes. No hubo fracasos de implantes y las complicaciones se limitaron a problemas de acceso a las áreas posteriores.

Concluyen que encontraron que las impresiones digitales intraorales pueden ser una alternativa viable a las impresiones convencionales y modelos de escaneo para la rehabilitación de pacientes desdentados utilizando la cirugía guiada por ordenador para la colocación de los implantes dentales <sup>[106]</sup>.

Es un artículo que hemos traducido más detalladamente por su importancia al estar basado en la nueva sistemática, pero con la variante del escaneo directo de la dentadura que simplifica la técnica y elimina el paso de la toma de la impresión.

Sin embargo, los resultados son ligeramente mejores con el vaciado virtual, lo que nos orienta hacia la exactitud del escaneado de la impresión y la posible ligera inexactitud del escaneado de la dentadura. Este último concepto es un tema muy interesante debido al interés creciente de las clínicas dentales en incorporar el escáner intraoral que elimine la necesidad de la toma clásica de impresiones dentales, a pesar de su alto costo. Será sin duda tema de futuras tesis y de mejoras sucesivas en precisión de los escáneres intraorales, que, según algunos fabricantes, muestran ya gran precisión incluso para el escaneado de dentaduras completas. Lógicamente también requiere un aprendizaje. El diseño virtual de la futura prótesis también requiere de una formación.

No obstante, también los profesionales deben de familiarizarse con los requisitos de cómo se deben de tomar las impresiones para la nueva técnica de escaneado de las impresiones dentales para obtener también la imagen de la prótesis.

En el año 2017, Corina Marilena Cristache y Silviu Gurbanescu de la Universidad Carol Davila de Medicina y Farmacia en Bucarest, Rumanía, evalúan la precisión de una plantilla guía estereolitográfica, para la inserción de implantes dentales guiada por computadora en pacientes parcialmente edéntulos <sup>[393]</sup>.

Se colocaron sesenta y cinco implantes en veinticinco pacientes consecutivos con una plantilla quirúrgica estereolitográfica obtenida con la nueva sistemática.

Después de la cirugía, se tomó una impresión digital y se calculó la imprecisión 3D de la posición de los implantes respecto a la planificación en el punto de entrada, el ápice y la desviación angular.

La desviación media en el punto de entrada fue de 0,798mm., ( $\pm 0,52$ ), en el ápice del implante fue 1,17mm., ( $\pm 0,63$ ), y la desviación angular media fue 2,34 ( $\pm 0,85$ ).

Concluyeron que la plantilla quirúrgica utilizada demostró alta precisión para la inserción de los implantes.

El protocolo para comparar un archivo digital (plan de tratamiento) con una impresión digital posterior a la inserción se puede considerar un procedimiento útil para evaluar la exactitud de la plantilla quirúrgica, evitando la exposición a la radiación, durante la exploración tomográfica postoperatoria.

En el 2018, el Dr. Dr. Sigmar Schnutenhaus del Departamento de Odontología Protésica, Centro de Odontología, Universidad de Ulm, Alemania y práctica privada en Hilzingen, Alemania, y cols., en un estudio clínico controlado prospectivo determinó y comparó la precisión de la coincidencia de la superposición de los implantes planificados e instalados con la sistemática clásica de la férula radiológica y la nueva sistemática del escaneado del modelo <sup>[111]</sup>.

Se investigaron las desviaciones medias entre estos resultados de estos dos métodos de superposición en el software de planificación.

Los dos sistemas pueden proporcionar buenos resultados clínicos. Las diferencias entre los diferentes métodos fueron detectables, pero de poca relevancia.

Al evaluar los resultados, debe tenerse en cuenta que las tomografías Cone Beam se obtuvieron con una resolución de 0,2 voxel y que, por lo tanto, no se puede lograr una precisión de coincidencia superior a 0,2mm.

La precisión de fabricación de la plantilla de rayos X también se da con un posible error de 0,2mm., lo que significa que este factor también limita la precisión.

En base a estos hechos, se debe suponer que la sistemática utilizada no tiene influencia significativa en la posición real posterior del implante.

Sin embargo, la sistemática de coincidencia manual en el software de planificación de implantes SMOP, requiere que un usuario experimentado mantenga el error de coincidencia lo más bajo posible.

### *Precisión en comparación a la colocación de implantes no guiados*

En los resultados del estudio se ve inequívocamente la comparativa de la menor precisión del grupo 3 con respecto a los otros dos grupos de cirugía guiada.

Se ha demostrado, utilizando modelos prototipados, como en nuestro estudio, que la realización de los lechos para la inserción de implantes por cirugía guiada asistida por ordenador es más precisa significativamente que la inserción manual <sup>[155,211]</sup>.

De hecho, cuando se compara la exactitud o precisión de un experimentado cirujano implantólogo en la realización del fresado, a mano alzada sin guía quirúrgica, para los

lechos implantarios, el error medio puede ser de 6,1mm., (máximo de 7,2mm.), mientras que para los métodos de cirugía guiada por ordenador el error medio para algunos autores es de 0,5mm., (máximo de 1,2mm.) [128,186,211].

Comparando los resultados clínicos obtenidos con guías quirúrgicas convencionales frente a los de las guías estereolitográficas, fabricadas directamente por ordenador, Sarmant y cols., encontraron una desviación significativamente diferente entre ambas, en torno al 50% [101].

Las guías convencionales se desviaban del plan de tratamiento una media de 1,5mm., en cervical y de 2,1mm., en apical. En cambio, la desviación media de las fabricadas por ordenador fue la mitad: 0,9mm., en cervical y 1,0mm., en apical [213].

### *Precisión de nuestro protocolo de trabajo*

Los pequeños errores acumulados pueden ocurrir en el proceso de la elaboración de la férula radiográfica o toma de impresión, tomografías, conversión de imágenes, elaboración de la guía quirúrgica, posicionamiento de la guía en boca, perforaciones por el pequeño margen o gap entre las fresas y las anillas cilíndricas de la guía o en la colocación de los implantes [244].

En un estudio de Born Passoni, publicado en el 2014, cuyo objetivo era evaluar la técnica quirúrgica más sencilla, con menor morbilidad para el paciente y de mayor precisión comparando la diferencia angular de instalación de los implantes dentales entre la cirugía virtual guiada y la convencional a campo abierto, fueron seleccionados 4 pacientes de sexo femenino, de raza blanca, entre 45 y 55 años de edad, con ausencia de dientes contralaterales, donde cada lado fue operado por medio de una técnica. Posteriormente se realizó la comparación de las imágenes tomográficas del planeamiento y de la posición real de los implantes, por medio de software Dental Slice. De acuerdo con el test estadístico, fue posible verificar que el valor del desvío angular es estadísticamente menor [209].

En una publicación de Tapn del 2016, en que también utilizaron el software Dental Slice de planificación concluyen en que se obtuvieron los resultados esperados y las

expectativas de los pacientes se cumplieron, se consiguió la instalación inmediata de una dentadura completa en un maxilar. Las imágenes postoperatorias mostraron precisión y fidelidad a la planificación virtual realizada previamente en la computadora <sup>[210]</sup>.

En el 2011, Rogerio Margonar del Departamento de Ciencias de la Salud, Disciplina de Periodoncia, Clínica Integrada e Implantología de la Escuela de Odontología del Centro Universitario de Araraquara, São Paulo, Brasil, y cols., en un artículo describen un informe clínico con un nuevo sistema para tratamiento quirúrgico guiado y prótesis de carga inmediata en la técnica quirúrgica sin colgajo <sup>[536]</sup>.

Reporta un caso basado en una tomografía computarizada (TC) de un paciente de 64 años edéntulo de un año, utilizando el software Dental Slice para la planificación virtual de los implantes y la guía quirúrgica Bioparts de manera idéntica al trabajo y nuestra práctica clínica.

Después de 30 meses en maxilar y 24 meses en mandíbula, la evaluación clínica y radiográfica con la tomografía computarizada mostró buena estabilidad clínica.

El sistema de cirugía guiada Dental Slice resultó satisfactorio para la técnica quirúrgica Flapless en implantes dentales.

Concluyen que la planificación virtual y la cirugía guiada realizadas usando el sistema Dental Slice Guide y Slice Guide han probado ser útiles en la rehabilitación de implantes usando la técnica sin colgajo, proporcionando así una nueva posibilidad a los implantólogos y sus pacientes.

En el año 2011, Rogerio Margonar de la Universidad UNIARA de Araraquara en Sao Paulo, Cassia Bellotto Corrêa, Ana Lucia Roselino Ribeiro, Elcio Marcantonio y Luís Geraldo Vaz de la Facultad de Odontología de la Universidad UNESP del Estado de Sao Paulo, y Erika Oliveira de Almeida de la Facultad de Odontología de la Universidad UNESP, de Araçatuba, en Sao Paulo y del College of Dentistry, New York, USA., publican un artículo utilizando el Software Dental Slice donde concluyen que la cirugía guiada es una excelente opción de tratamiento para pacientes con suficiente cantidad de hueso para la inserción del implante <sup>[185]</sup>.

### *Precisión de variantes*

Respecto a los primeros estudios de la precisión del escaneado intraoral de los implantes colocados, en el año 2014, el Dr. Frank S. Andriessen, y cols., del Centro Académico de Odontología de Amsterdam, y la Universidad Medical Center de Groningen, Países Bajos, realizaron un estudio piloto clínico para evaluar la aplicabilidad y la precisión de las exploraciones intraorales mediante el uso de pilares diseñados para escanear (pilares de escaneo) en mandíbulas edéntulas <sup>[110]</sup>.

Fueron incluidos en este estudio veinticinco participantes con sobredentaduras mandibulares completas retenidas por 2 implantes y las estructuras.

Los pilares de escaneo se colocaron sobre los implantes y se escanearon con el escáner intraoral iTero. Además, se colocaron pilares de escaneo en los análogos de implante de los moldes definitivos y se escanearon con un escáner de laboratorio extraoral (Escáner Lava Scan ST).

Se evaluó la distancia entre los centros de la parte superior de los pilares de escaneo y las angulaciones entre ellos.

Las exploraciones intraorales mostraron errores de angulación interimplante  $> 0,4^\circ$ .

Concluyeron, en base en las exploraciones intraorales obtenidas en este estudio, que los errores de distancia y angulación fueron demasiado grandes para fabricar estructuras bien ajustadas en implantes en mandíbulas edéntulas. La razón principal de los escaneos no confiables parecía ser la falta de puntos de referencia anatómicos para escanear <sup>[110]</sup>.

Los primeros artículos que encontramos sobre la nueva sistemática del escaneado datan del 2015, los Dres. Ashley Reyes, Ilser Turkyilmaz, y Thomas J. Prihoda, Profesores del Departamento de Odontología de la Universidad de Texas Health Science Center en San Antonio, Texas, realizaron una investigación con el propósito de determinar la precisión del ajuste de las guías quirúrgicas en dentadura parciales y edéntulas mediante el uso de guías quirúrgicas de implantes fabricadas a partir de técnicas convencionales de diseño asistido por computadora / fabricación asistida por computadora (CAD / CAM).

Se fabricaron en total ochenta guías quirúrgicas, la mitad convencionales con resina acrílica para realizar un estudio comparativo de la precisión.

Utilizaron el escaneado óptico del modelo. Concluyen que las guías convencionales se ajustan igual o mejor que la mayoría de las guías fabricadas a partir del diseño por ordenador.

Es un comentario que puede llevar a confusión ya que están valorando el ajuste de la guía a la dentadura, no la precisión de la técnica; y por ello suponemos que resaltan en el artículo que la mayor precisión de la colocación del implante con guías apoyadas en los dientes no debe deberse al ajuste de la guía quirúrgica, sino a una capacidad mejorada para colocar los implantes en sus posiciones de tratamiento prácticamente planificadas con guías quirúrgicas [389].

En el 2015, P. Malara y L.B. Dobrzański del Instituto de Materiales de Ingeniería y Biomateriales de la Universidad de Tecnología de Silesia en Gliwice, Polonia, presentan su propio método de diseño y fabricación de guías quirúrgicas sobre la base de tomografía computarizada de haz cónico y modelos tridimensionales de dientes y tejidos blandos obtenidos de impresiones intraorales o exploraciones ópticas [561].

El modelo de hueso y el modelo virtual de los tejidos blandos se combinaron juntos para la planificación tal como hicimos en el segundo grupo del experimento. La prótesis la diseñaron virtualmente y tras la planificación la fabricaron con procedimiento de fresado a modo de guía quirúrgica.

En el 2016, Eleni Naziri y Frank Wilde del Departamento de Cirugía Oral, Plástica y Maxilofacial del Hospital Militar de Ulm y Alexander Schramm y del Hospital de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital de Ulm en Alemania, evaluaron la precisión de la cirugía guiada de implantes dentales [391].

Colocaron un total de 246 implantes en 181 pacientes consecutivos parcialmente edéntulos. Formaron cinco grupos según los sistemas de implantes, protocolos quirúrgicos y tipo de guías.

Después de la planificación virtual de los implantes con el Software CoDiagnostiX, las guías quirúrgicas fueron fabricadas en un laboratorio dental, utilizando el paralelómetro gonyX (Soluciones IVS AG, Chemnitz, Alemania) empleando planchas termoplásticas. La desviación media entre la planificación preoperatoria y postoperatoria fue de 1,0mm., en el hombro del implante y 1,4mm., en el ápice del implante. La desviación angular media fue de 3,6°. Las desviaciones angulares fueron menores en implantes unitarios y mayores cuanto mayor era la longitud de los implantes.

Los datos muestran la precisión y predictibilidad de la colocación de implantes guiados basado en la tomografía computarizada y una guía elaborada en laboratorio utilizando el



paralelómetro. Los resultados, no son mejores que los presentados utilizando las guías estereolitografías; el artículo aporta otra manera laboriosa de fabricación de la guía.

En el año 2016, Sirikarn P. Arunyanak, Profesor del Departamento de Periodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chulalongkorn, Bangkok, Tailandia, y colegas de la Facultad de Odontología de la Universidad de Louisville, USA., describen un enfoque digital para la cirugía guiada por computadora y la provisionalización inmediata en un paciente parcialmente edéntulo con los datos de diagnóstico obtenidos a partir de una tomografía de haz cónico y escaneos de diagnóstico digital intraoral, un encerado digital de diagnóstico virtual, una planificación quirúrgica virtual con prótesis, de diseño asistido por computadora y plantilla quirúrgica de fabricación y diseño por ordenador y restauraciones provisionales atornilladas con implante que realizaron con varios sistemas <sup>[559,560]</sup>.

En el año 2017, Ragai-Edward Matta y Manfred Wichmann Profesores del Departamento de Prostoncia de la Universidad Friedrich-Alexander de Erlangen Nürnberg en Alemania, Bastian Bergauer Profesor del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial, Werner Adler Profesor del Departamento de Informática Médica, Biometría y Epidemiología y Hans-Joachim Nickenig Profesor del Departamento de Cirugía Oral e Implantología de la Universidad de Colonia en Alemania, estudiaron la precisión tridimensional del método de fabricación de la guía para cirugía con implantes dentales <sup>[250]</sup>. El objetivo de este estudio fue evaluar la exactitud tridimensional del método de fabricación utilizando la planificación virtual basada en un modelo de escayola escaneado para fabricar una guía quirúrgica impresa termo-formada convencional y tridimensional para cada uno de 13 pacientes (implantes para un solo diente).

Como resultado, la discrepancia promedio angular fue 3,479°. La desviación media de las distancias xyz, fue de 0,864mm. Concluyen que ambos métodos de fabricación de las guías son apropiados <sup>[250]</sup>.

En el 2017, Bassam Hassan, Profesor del Departamento de Implantología Oral y Odontología Protésica del Centro Académico de Odontología de Ámsterdam (ACTA), Ámsterdam, Países Bajos y cols., en un artículo científico comentan que las rehabilitaciones con implantes de dentaduras completas son desafiantes, debido a los

múltiples pasos quirúrgicos y protésicos involucrados en las actuaciones clínicas para asegurar el ajuste pasivo de la prótesis y óptimos resultados estéticos y funcionales. [394]

En consecuencia, estas rehabilitaciones generalmente se asocian con un tiempo clínico considerable, incomodidad del paciente y alto costo de tratamiento.

El propósito de este estudio clínico piloto fue evaluar un enfoque digital novedoso que integre el escaneo digital intraoral y la información de escaneo facial extraoral para diseñar y fresar las prótesis retenidas por implantes con diseño y fabricación asistidos por computadora para pacientes con edentulismo completo.

Se incluyeron en el estudio diez pacientes que necesitaban rehabilitación de boca completa. Las prótesis permanecieron en funcionamiento durante al menos 6 meses sin notables complicaciones técnicas o biológicas a excepción de 1 prótesis que se fracturó.

La novedad del método radica en que integra la imagen de la dentadura y la prótesis virtual con el escaneo 3d de la cara del paciente.

## SEGURIDAD

En los modelos prototipados podríamos observar si aparecieran complicaciones macroscópicas, al igual que en boca del paciente por un incorrecto posicionamiento de los implantes dentales.

Las posibilidades de errores inesperados son mucho menores. La precisión y la estabilidad de la perforación a lo largo del proceso son altamente predecibles <sup>[396]</sup>.

Las complicaciones de la cirugía de colocación de implantes ocurren de manera relativamente frecuente en la clínica dental <sup>[214]</sup>. No son poco comunes y deben abordarse inmediatamente <sup>[218]</sup> para lograr el tratamiento y rehabilitación satisfactorios <sup>[215]</sup>.

Según un estudio, las complicaciones inmediatas relacionadas con la cirugía pueden afectar al 9,1% de los pacientes o al 2,5% de los implantes, mientras que las complicaciones tardías relacionadas con la prótesis afectan al 11-19% de los pacientes <sup>[101]</sup>.

*Minimiza los riesgos reflejados en el propio consentimiento informado del tratamiento implantológico:*

Según el consentimiento informado específico de implantología oral, los riesgos estadísticamente frecuentes de la intervención son <sup>[158]</sup> :

Riesgos propios de la inyección de anestesia local: posibles hipersensibilidades no previsible al anestésico, daños locales en la zona de punción, persistencia de la anestesia durante tiempo, etc. <sup>[159]</sup>.

Riesgos y complicaciones de cualquier procedimiento quirúrgico: riesgo de hemorragia, aparición de hematomas en las áreas adyacentes, pequeños daños en las zonas cercanas por la manipulación de tejidos, dehiscencia de suturas, dolor e inflamación en la zona, sobreinfección de la herida quirúrgica, etc.

Riesgos propios del procedimiento quirúrgico de implantología oral: desgarro de la mucosa oral <sup>[160]</sup>, rotura de la cortical ósea <sup>[161]</sup> (que podría obligar a utilizar procedimientos de osteosíntesis), daño en las raíces dentarias adyacentes, ingestión o aspiración del pequeño material quirúrgico o prostodóncico utilizado, etc.

Riesgos propios de la zona donde llevamos a cabo el procedimiento quirúrgico: afectación del seno maxilar incluso con el riesgo de comunicación orosinusal (que sería indicación de nueva cirugía), afectación del nervio dentario <sup>[162]</sup> debido a su manipulación directa (en técnicas de transposición) o a los procesos inflamatorios que se pueden producir alrededor del implante en los primeros días, etc.

Riesgos y complicaciones procedentes de los materiales exógenos empleados: intolerancias, alergias y rechazos de difícil prevención.

Riesgos y complicaciones de los procedimientos de injertos óseos autólogos (si se utilizan). En caso de utilizar hueso procedente de otra zona del mismo sujeto, hay que mencionar los problemas quirúrgicos generales en la zona donante (dolor, hemorragia <sup>[163]</sup>, inflamación, etc.) y el riesgo infrecuente, pero existente, de fallo en la integración del material de relleno (que nos obligaría a un nuevo abordaje quirúrgico para retirarlo). Según la zona donante podrían producirse distintos inconvenientes.

En el caso de que se utilice injerto óseo propio del sujeto, además de las posibles complicaciones quirúrgicas en la zona donante, existe siempre riesgo de que el injerto no prenda en la nueva localización con las modificaciones que esto supondría en el plan de tratamiento.

Representa un gran avance en el campo de la implantología disminuyendo significativamente los errores, brindando buenos resultados postoperatorios y aumentando la predictibilidad de los resultados, por lo que resulta una técnica adecuada para bastantes casos <sup>[165]</sup>.

### *Reparos anatómicos*

Lógicamente en la planificación realizada en nuestro estudio tuvimos en cuenta todos los reparos y condicionantes anatómicos tal y cómo se tiene que considerar en la planificación con pacientes.

Las complicaciones pueden derivar de problemas anatómicos <sup>[193]</sup>. El diagnóstico virtual permite valorar las estructuras anatómicas del maxilar como por ejemplo el seno maxilar, las fosas nasales, nervios, vasos, dientes adyacentes, y la guía quirúrgica el evitarlas <sup>[195]</sup>. Los estudios indican que el sistema guiado por imágenes presentado es confiable para la evaluación preoperatoria y prevención de complicaciones anatómicas <sup>[400]</sup>. El identificar bien las estructuras radiológicamente es una herramienta útil para planificar estrategias de tratamiento y la colaboración entre especialistas <sup>[401,402]</sup>.

### *Vasos*

En el modelo prototipado no se reproducen las estructuras vásculo nerviosas. Pero sí que en la planificación debemos tener conocimiento de sus trayectos y recorridos para disfrutar de las ventajas de visión virtual y realizar una planificación segura.

### *Mandíbula*

Las complicaciones hemorrágicas después de la colocación de implantes dentales son infrecuentes pero pueden ser graves, particularmente en la región mandibular <sup>[399]</sup>.

Es esencial verificar las angulaciones y el posicionamiento de las fresas o los implantes radiológicamente y prevenir una posible perforación en el sitio de osteotomía <sup>[423]</sup>.

La mandíbula tiene un trabeculado denso rodeado por una cortical gruesa. Podemos definir dos zonas implantológicas determinadas por el orificio mentoniano: zona anterior: delante del orificio mentoniano y zona posterior por detrás.

El nervio mandibular es la mayor de las tres ramas o divisiones del nervio trigémino. Da dos ramas terminales: el nervio lingual y el nervio alveolar inferior que ingresa a la mandíbula a través del foramen mandibular y cruza el cuerpo de la mandíbula a través del canal mandibular hasta llegar al ápice del segundo premolar, donde se divide en dos

ramas terminales: el nervio mentoniano, que sale por el foramen mentoniano, y el nervio incisivo, que continúa su recorrido hacia la mandíbula anterior <sup>[422]</sup>.

#### Zona anterior

En el 2012, Inmaculada Anguita Sánchez, Médico Residente del Servicio ORL del Hospital de Mérida y cols. presentaron un caso de cirugía de implante dental (primer tiempo quirúrgico) que cursó con un episodio de hematoma masivo lingual y del suelo de la boca, que precisó reintervención de urgencia para traqueotomía y control de la hemostasia <sup>[424]</sup>.

Pocas horas después de la intervención, el paciente acudió al servicio de urgencias por presentar disfagia y disnea incipiente por gran inflamación lingual y de suelo de boca.

A la exploración se observó gran hematoma lingual y del suelo de la boca con extensión a la región cervical anterior. En la fibroscopia se vio la afectación de la base lingual y permeabilidad de hipofaringe y laringe.

El cuadro evoluciona progresivamente con aumento de la disnea por lo que se realiza traqueotomía de urgencia para garantizar vía aérea y cervicotomía media submentoniana exploradora para drenaje del hematoma, no observándose punto evidente de sangrado.

Tomando como referencia al hioides y al digástrico se identificó la arteria lingual derecha realizándose ligadura de la misma.

Durante el acto quirúrgico se exploró el lecho quirúrgico primitivo evidenciándose mediante palpación cómo uno de los implantes atravesaba la mandíbula.

En el postoperatorio inmediato el paciente presenta un cuadro de insuficiencia respiratoria grave secundaria a neumonitis por aspiración que requiere ventilación mecánica e ingreso en UCI.

Tras 27 días de ingreso en UCI, se retira la cánula, evoluciona favorablemente, y es dado de alta seis días más tarde.

En el 2015, Eik Schiegnitz, Maximilian Moergel y Wilfried Wagner, del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial, de la Universidad Johannes Gutenberg en Mainz, Alemania, presentan un caso de hematoma que amenazaba la vida del paciente después de la inserción de implantes en la mandíbula anterior <sup>[418]</sup>.

Se trataba de un paciente de 52 años que acudió al Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial, con hematoma diseminado en el suelo de la boca y obstrucción aguda de las vías respiratorias después de la inserción de un implante dental.

El hematoma fue removido y drenado. Sin embargo, debido a la hinchazón progresiva de la lengua y suelo piso de la boca requirió una traqueotomía temporal durante tres días.

#### *Foramen lingual*

En la zona lingual nos encontramos las apófisis geni y una depresión la fosita sublingual. En la cirugía convencional, es importante realizar un correcto despegamiento a espesor total y así poder observar tanto la concavidad vestibular como la depresión lingual.

Al realizar un despegamiento a espesor total se debe rechazar y respetar los vasos terminales, ramas de la arteria lingual y sublingual; y al reposicionar el colgajo aportaremos vascularización en una zona ósea que en el edéntulo de larga evolución es pobre en terminales sanguíneos y con una densidad ósea alta.

Debido a la presencia de forámenes linguales accesorios en un rango de 10 a 13,5mm., de distancia desde el borde inferior de la mandíbula, es siempre más seguro restar esta distancia de la altura total de la mandíbula antes de decidir la longitud del implante en esta región.

Estos canales a menudo se pasan por alto, y sus complicaciones son en gran parte desconocidas. Con el software de cirugía guiada se puede detectar y evitar el riesgo.

Un estudio de 314 mandíbulas secas mostró que el foramen estaba presente en 311 especímenes (99,04%)<sup>[407]</sup>.

En un estudio transversal sobre las variaciones anatómicas del foramen lingual y en la población del sur de la India<sup>[440]</sup>, en relación con los tubérculos genianos, los canales se encontraron justo arriba ellos en el 39% de los casos, debajo en el 45% y arriba y abajo (cuando había múltiples canales) en el 16% de los casos.

El diámetro medio de la abertura del foramen lingual en lingual lado fue 1,07mm., (desviación estándar 0,44); 61% de los canales tenían un diámetro mayor de 1mm., y si

las arterias cuentan con un diámetro similar, estos vasos son lo suficientemente grandes como para causar sangrado en el piso de la boca cuando se lesiona.

En el 2013, Dae Hyun Kim del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de Dankook, Cheonan, Corea, y cols., presentan un estudio sobre la distribución de los forámenes linguales en la mandíbula en coreanos <sup>[441]</sup>.

El estudio tuvo como objetivo investigar la hemorragia atípica y el edema resultante de la colocación de implantes entre el foramen mentoniano, un área conocida por ser "segura" debido a su falta de estructuras anatómicamente vulnerables.

Se investigó a 187 pacientes que se presentaron en el Dankook University Dental Hospital. Se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Los forámenes linguales existían en 110 pacientes, (58,8%) de las 187 mandíbulas.

Con respecto a la distribución de los forámenes, 39 (20,9%) de casos fueron bilaterales, 34 (18,2%), fueron del lado izquierdo y 37 (19,8%) fueron del lado derecho.

La ubicación de los forámenes linguales varió desde el incisivo lateral inferior hasta el segundo molar, apareciendo con mayor frecuencia en el segundo premolar.

La distancia de los forámenes linguales al margen inferior de la mandíbula, tenía un valor medio ( $\pm$  DE) de  $0,68 \pm 0,25$ mm., un valor mínimo de 0,34mm., y un valor máximo de 2,29mm., en el lado izquierdo y un valor medio ( $\pm$  DE) de  $0,68 \pm 0,28$ mm., un valor mínimo de 0,31mm., y un valor máximo de 2,61mm., en el lado derecho.

Ultiman que cuando hay sangrado constante durante un procedimiento quirúrgico, los profesionales deben considerar daños en las ramas de la arteria sublingual, que penetran en los forámenes linguales.

Además, cuando hay un orificio lingual de más de 1mm., de diámetro en una tomografía computarizada previa a la implantación, deben tener cuidado con el posible daño del vaso.

Además, si realizan cirugía con colgajo, deberían retraer el colgajo lingual profundamente para confirmar la forma del hueso por lingual y la existencia de los forámenes linguales.

Los hallazgos sugieren que existen canales vasculares y varias anastomosis en la mandíbula anterior, que se extienden hacia la región premolar y molar.

El tamaño y la prevalencia de las arterias no deberían ser subestimados por el riesgo de hemorragia grave. Es imperativo considerar estos vasos, usando la tomografía dental, antes y durante la intervención mandibular para evitar una hemorragia amenazante <sup>[442]</sup>.



En el 2014, Sara Bernardi del Departamento de Vida, Salud y Ciencias del Medio Ambiente, de la Universidad de L'Aquila, Italia, y cols., publican un artículo de investigación in vivo sobre el Foramen Lingual Mandibular Anterior [409].

En las descripciones de procedimientos quirúrgicos en la mandíbula, a menudo no se menciona una zona con mucha variación anatómica, el orificio geniano espinal donde pasan los nervios y los vasos. El objetivo de este estudio es investigar la frecuencia, forma y dimensiones de estos orificios.

Las imágenes de tomografía computarizada se analizaron con un software de planificación de implantes.

Los parámetros considerados fueron frecuencia, número, posición, diámetros y longitud de los canales; los datos recopilados se insertaron en una hoja de cálculo y se analizaron estadísticamente, y se compararon con los encontrados en la literatura.

La frecuencia de los forámenes espinales inferiores y los datos relacionados con el diámetro de los forámenes resultaron ser mayores en comparación con los reportados en la literatura. Además de la información anatómica, el estudio tiene el propósito de prevenir los episodios hemorrágicos en la región sublingual, que se advierten en la literatura, con obstrucción de la vía aérea debido a la formación de hematoma, consecuencia de la perforación cortical, y / o la laceración del periostio con la participación de los vasos citados.

Entre los 56 pacientes investigados, 43 (75%) tenían al menos un foramen en la línea media mandibular lingual. Entre estos 43, 27 (62%) tenían el foramen por sobre de las espinas geni y 6 (13%) por debajo.

Además, de estos 43, 10 (23%) tenían dos forámenes, uno superior y otro inferior a las espinas. Solamente una mandíbula mostraba dos forámenes, ambos por debajo de las espinas.

El diámetro de los forámenes espinales genianos superiores, lado lingual, en las secciones axiales, fue significativo  $0,83 \pm 0,28\text{mm.}$ ; mientras tanto, en secciones transversales fue  $1,24 \pm 0,32\text{mm.}$

El diámetro de los forámenes genianos espinales inferiores, laterales linguales, en secciones axiales, resultó de  $0,97 \pm 0,38\text{mm.}$ , y en el valor medio de la sección transversal fue  $0,92 \pm 0,26\text{mm.}$

El diámetro de los forámenes genianos espinales superiores, laterales labiales, en secciones axiales, resultó ser  $0,48 \pm 0,24\text{mm.}$ , mientras que en las secciones transversales fue  $0,63 \pm 0,30\text{mm.}$

El diámetro de los forámenes espinales genianos inferiores, lado labial, en secciones axiales, resultó en  $0,54 \pm 0,23\text{mm.}$ , y el valor medio de las secciones transversales fue  $0,53 \pm 0,17\text{mm.}$

Por lo que se refiere al nervio milohioideo, en el 50% de los casos tiene una rama suplementaria que penetra en la mandíbula a través de los forámenes accesorios.

En el 2015, Chandan Kumar Kusum del Departamento de Prostodoncia del Subharti Dental College and Hospital, Meerut, Uttar Pradesh, India, y cols., realizan una revisión sobre la hemorragia interforaminal durante la colocación de implantes mandibulares anteriores <sup>[410]</sup>.

La cirugía de implantes en la región anterior mandibular puede pasar de ser una cirugía menor fácil a una complicación para el cirujano, debido a un conocimiento inadecuado de la anatomía del área quirúrgica y / o ignorancia hacia el protocolo quirúrgico requerido.

Por lo tanto, el propósito de este artículo era presentar una visión general sobre:

La incidencia de sangrado masivo y sus consecuencias después de la colocación de implantes en la región anterior mandibular.

Su etiología, las medidas de precaución que deben tomarse para evitar tal incidencia en la práctica clínica y el manejo de tal hemorragia, si es que sucede.

Se definieron los criterios de inclusión para la selección de los artículos y se realizó una búsqueda electrónica de Medline a través de diferentes palabras clave y también se suplementó con una búsqueda manual en revistas y libros.

En la región lingual anterior mandibular, los vasos sanguíneos tienen un diámetro de 1-2mm., y podrían drenar 400ml. de sangre en 30 minutos.

Esta información da la idea de una situación alarmante si se produce una hemorragia en la región lingual anterior mandibular.

Además, la mandíbula y la capa superficial de la fascia cervical profunda proporcionan restricción al hematoma anterior, por lo que el hematoma y sublingual y submandibular se extiende a superior y posterior, desplazando posteriormente la lengua y el suelo de la boca llegando a obstruir la vía aérea.

También hay casos con hemorragia postoperatoria tardía, que podrían estar vinculados a la vasodilatación compensatoria del vaso lesionado, debido a la absorción gradual de epinefrina, reabsorción del coágulo y sangrado.

La colocación de implantes en la región anterior mandibular, según los artículos revisados, se tomó tres vidas, incluyendo a un adolescente de 16 años.

Sin embargo, en los últimos 10 años, no se encontró ningún artículo que mencionara, aunque fuera de manera breve, sobre las medidas de precaución, etiología y gestión de la situación.

De los artículos que aparecieron a través de la búsqueda de las diferentes palabras clave, se seleccionaron 52 artículos de acuerdo con los criterios de inclusión.

De estos artículos seleccionados, 21 describen informes de casos de accidente hemorrágico en la región mandibular interforaminal durante la colocación de implantes.

Hay muchas causas posibles de accidentes hemorrágicos después o durante la colocación de implantes dentales, que son bien documentado en varios artículos publicados. Aparte de la negligencia grave por parte del cirujano dental, que incluye diagnósticos inadecuados, mal manejo de los tejidos, etc.; hay situaciones donde la probabilidad de hemorragia aumenta incluso después de tomar las medidas de precaución adecuadas.

Estas las situaciones se pueden resumir de la siguiente manera:

Anatomía regional. La razón más probable para que ocurran hemorragias es el sangrado por la arteria sublingual o sus ramas, secundaria a la perforación de la cortical lingual, durante preparación de la osteotomía para la colocación del implante.

Además, en la revisión de la literatura, se encontró que en la región canina la arteria sublingual sigue un curso horizontal a la dirección del fresado, pero realiza un giro de 90°; por lo tanto, en este sitio la arteria sublingual tiene un mayor riesgo de laceración o sección.

Otra causa de hemorragia podría deberse a los patrones de resorción, que son centrífugos en el maxilar y centrípetos en la mandíbula.

Si se ignora este hecho, los implantes en las mandíbulas severamente atróficas pueden generar una perforación lingual y hemorragia severa.

Existe variación anatómica y anastomosis de las arterias principales de esta región. Los libros de texto de anatomía mencionan la arteria sublingual, rama de la arteria lingual, como la principal vía de irrigación; sin embargo, se han reportado variaciones en estudios

recientes en cadáveres que describen la rama submentoniana de la arteria facial como el suministro principal para esta región.

El músculo milohioideo ha sido considerado como un amplio campo de anastomosis entre la arteria sublingual y arterias submentonianas.

La presencia de numerosos forámenes accesorios en ambas superficies bucales y linguales de la mandíbula ha sido ampliamente documentada.

Varían en la distribución, tamaño, posición e incidencia. Su media de diámetro es de 0,54mm., y la ubicación puede variar de 10 a 13,7 mm desde el borde alveolar inferior.

El foramen lateral lingual se ha establecido que se encuentra a 6mm., del borde mandibular inferior, pero cuando se compara al foramen lingual mediano, la ubicación del foramen lateral lingual es aún más variable.

Estos canales de la línea media mostraron un contenido neurovascular, que no solo estaba relacionado con su ubicación, sino también sujeto a variación anatómica <sup>[411]</sup>.

Por lo tanto, es obligatorio para un dentista para estar al tanto de las estructuras presentes en la parte anterior de la mandíbula y considerar que antes de cualquier procedimiento quirúrgico o implantológico es fundamental la planificación a partir de una tomografía <sup>[412]</sup>.

#### *Canal incisivo mandibular*

Nuestro estudio se efectuó con modelos prototipados de maxilar superior por lo que no entraba en juego el conducto dentario inferior, pero en la clínica diaria es el principal condicionante anatómico a considerar y que nos resuelve la técnica de cirugía guiada. La correcta identificación del conducto dentario inferior o conducto mandibular o alveolar inferior (CAI), por el que discurre el nervio dentario o alveolar inferior, es esencial cuando se precisa realizar cualquier intervención de Cirugía Bucal en la región mandibular posterior <sup>[425]</sup>.

La tomografía computarizada Cone Beam es un medio diagnóstico sensible y preciso para la evaluación del conducto, y es fundamental para investigar la alta frecuencia de variables, mejorando el diagnóstico y pronóstico de procedimientos clínicos y quirúrgicos <sup>[403,404,405,406]</sup>.

El nervio dentario inferior es una de las estructuras anatómicas más importantes a considerar previo a la colocación de implantes dentales en la mandíbula. <sup>[162]</sup>

La lesión de este nervio es una situación temida por los pacientes y los profesionales por la posibilidad de daño permanente en su conducción nerviosa <sup>[426]</sup>.

Es fundamental para todos los odontólogos que realicen maniobras quirúrgicas próximas a la entidad nerviosa, conocer ampliamente su recorrido, distribución y características normales, para prevenir la injuria del mismo y sus indeseables consecuencias <sup>[427]</sup>.

En el límite posterior de la mandíbula anterior encontramos el foramen mentoniano. Del orificio mentoniano parte el conducto incisivo, que continua hasta emerger en la zona incisal dando la salida del nervio incisivo. El cirujano puede cortarlo con su preparación pudiendo llegar a comprometer la vitalidad de las piezas vecinas o producir una neuralgia muy dolorosa por compresión de dicho nervio que normalmente se soluciona dando una vuelta atrás en el roscado del implante.

Una de las complicaciones accidentales más frecuentes que puede ocurrir durante los procedimientos quirúrgicos en la región interforaminal mandibular es una alteración neurosensorial en el mentón y el labio inferior <sup>[408]</sup>.

Esta complicación se produce cuando las estructuras importantes, como el foramen mentoniano, el asa anterior del nervio alveolar inferior, y el canal incisivo no están identificados correctamente y se protegen debidamente.

En el edéntulo total dicho nervio deja de tener sentido y carece de importancia, puesto que normalmente se atrofia <sup>[434]</sup>.

El canal incisivo mandibular a menudo se ignora ya que la radiografía panorámica lo puede detectar solo en el 2,7% de los casos. Los últimos avances han significado que los procedimientos quirúrgicos en el segmento anterior inferior de la mandíbula, incluidas las cirugías ortognáticas, la colocación de implantes dentales y los injertos óseos se han vuelto más frecuentes <sup>[413]</sup>.

En el 2011, Víctor Beltrán del Departamento de Odontología Integral, Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera, Chile, y cols., y Wilfried Engelke del Departamento de Cirugía Maxilofacial, Universidad de Göttingen, Alemania, presentan

un estudio sobre la relevancia clínica de la presencia bilateral del canal incisivo de la mandíbula <sup>[414]</sup>.

La región anterior de la mandíbula generalmente se considera un área quirúrgica segura, con pocos riesgos de daño a estructuras anatómicas importantes. Sin embargo, esta región contiene un canal intraóseo, el canal incisivo de la mandíbula, que es la continuación del canal mandibular mesial al foramen mentoniano, donde se encuentra el nervio incisivo de la mandíbula acompañado de estructuras vasculares. El conocimiento de la presencia, longitud y diámetro pueden jugar un rol importante en el éxito de la osteointegración de un implante y prevenir alteraciones sensoriales postoperatorias.

En el 2011, Robert J. Miller, del Departamento de Implantología Oral, Costa Atlántica Dental Research Clinic, Palm Beach, Florida, estudia la anatomía de la sínfisis mandibular <sup>[415]</sup>. Se añade a tantos comentarios similares en artículos científicos sobre que, muchos profesionales consideran que la colocación de implantes dentales en la mandíbula anterior es un procedimiento de relativamente bajo riesgo.

Sin embargo, episodios hemorrágicos después de la colocación del implante en la sínfisis mandibular se informan regularmente y pueden tener consecuencias graves.

El uso de escáneres de haz cónico de alta resolución nos ha dado la capacidad de visualizar la intrincada red neurovascular de la región interforaminal.

El conocimiento del suministro arterial y la colocación guiada o navegada de los implantes en la sínfisis mandibular puede ayudar a evitar estas emergencias potencialmente mortales.

Después de la extracción de bloques de hueso para injerto, algunos cirujanos pueden intentar recolectar el hueso medular y tejido hematopoyético disponible. Pero al hacerlo, pueden inadvertidamente lesionar el nervio incisivo y alterar el suministro de sangre en la región. Después de la curación, los pacientes a menudo se quejan de sensación alterada en los dientes anteriores.

Un estudio que comparó la neuropraxia postoperatoria después de la recolección de bloques de injertos de la rama frente a los de la sínfisis, demostró que después de 18 meses, más del 50% de los pacientes todavía tenían sensibilidad alterada con sitios donantes de sínfisis, pero no se presentaron síntomas dentro del grupo de bloque extraído de la rama que presenta menores índices de complicaciones <sup>[416]</sup>.

Estas lesiones pueden evitarse limitando la extensión apical durante la colocación del implante y por la recolección de bloques para los injertos más cerca de la línea media.

#### *Foramen mentoniano y canal mandibular*

La incidencia de alteraciones sensoriales permanentes en el labio inferior después de intervenciones quirúrgicas en el área del foramen mentoniano se calcula entre el 7% y el 10% [430].

Todas las técnicas de imágenes radiográficas demuestran el foramen mentoniano. Sin embargo, estructuras menores de 3mm., pueden aparecer como artefactos o pueden ser indistinguibles del hueso circundante.

Cuando se realiza una incisión supra crestal en casos de edéntulos con gran atrofia, hay que tener en cuenta que el nervio puede estar al mismo nivel que la cortical superior, incluso llegando a emerger en la zona lingual. A la hora de despegar, hay que tener en cuenta que el orificio tiene un borde posterior cortante y podemos lesionar el bucle al tensarlo sobre dicho borde cortante.

Los autores han encontrado con frecuencia forámenes anteriores [420].

En el 2015, Ignacio Roa y Oscar Arriagada del Departamento de Ciencias Básicas Biomédicas, de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Talca, Chile, presentan un estudio sobre la importancia clínica de las variaciones del canal mandibular [417]. Exponen que el canal mandibular y su contenido tienen un papel importante en el campo de la cirugía. Puede presentar variaciones anatómicas, las cuales son clínicamente relevantes principalmente en los procedimientos de implantología.

Su desconocimiento ha sido relacionado con complicaciones en la realización de procedimientos quirúrgicos y de anestesia en la práctica dental y maxilofacial.

El software de cirugía guiada permitirá a los cirujanos planear la colocación ideal de los implantes y tomar decisiones antes de la cirugía.

La emergencia en el foramen del nervio mentoniano en relación a las piezas dentarias de personas en el Perú, se da mayormente por debajo del segundo premolar inferior en un 63,6%, que coincide con la mayoría de investigaciones, la presencia de nervios

mentonianos accesorios se halló en un 18%, porcentaje que es mayor en comparación con otros estudios, por lo que se recomienda un mayor cuidado en las cirugías en la región mentoniana <sup>[438]</sup>.

En un estudio de cohortes en pacientes turcos, hubo una alta prevalencia de asa anterior o bucle, detectada por tomografía Cone Beam, con predominio en pacientes femeninas <sup>[439]</sup>. Por lo tanto, los profesionales deben tener cuidado durante los procedimientos de cirugía en la región premolar mandibular para evitar posibles complicaciones.

Zona posterior

Conducto Dentario Inferior o Conducto Alveolar

Es la zona distal al orificio mentoniano, salida del conducto dentario inferior.

La tomografía volumétrica computarizada Cone Beam es un medio diagnóstico sensible y preciso para la evaluación del conducto <sup>[403]</sup>. Nos permite conocer las variaciones en cuanto a la morfología, el recorrido por el interior de la mandíbula y sus relaciones con las diversas estructuras con las que entra en contacto <sup>[403]</sup>.

El diámetro del conducto dentario inferior presenta homogeneidad en su recorrido por el cuerpo mandibular con un rango de 2,3mm., a 2,6mm. <sup>[428]</sup>. Según otros autores, la forma predominante era ovalada y el tamaño está en el rango de 2,00mm., a 2,99mm. Los forámenes accesorios están presentes en el 55,5% de los casos <sup>[11]</sup>.

La imagen radiológica del conducto dentario inferior consiste en una banda de una radiolucidez superior en comparación con el trabeculado óseo mandibular, enmarcada por dos líneas paralelas de intensa radio opacidad. Visto en una radiografía panorámica tiene dos corticales bien definidas una superior y otra inferior.

La cortical inferior es más gruesa que la superior por lo que nos será muy útil a la hora de trazar el recorrido del nervio.

Esto quiere decir que, si solamente vemos una de las corticales, ésta será normalmente la inferior y a partir de aquí sabremos que el recorrido del nervio será 3mm., superior a esta línea, con lo cual sabremos hasta dónde debemos fresar dejando siempre un margen de seguridad. Por el mismo motivo, desafortunadamente la cortical superior del canal del nervio no es tan apreciable al tacto durante el fresado.



Discurre por el cuerpo mandibular desde la espina de Spix por debajo de los ápices de los molares hasta la zona bicuspídea, donde finaliza su trayecto en el foramen mentoniano [404].

La lesión iatrogénica del nervio lingual o alveolar inferior o de ambos es una complicación conocida de los procedimientos quirúrgicos orales y maxilofaciales [421].

La lesión en estas dos ramas de la división mandibular del nervio trigémino puede dar lugar a alteraciones en la sensibilidad asociadas con la zona ipsilateral del labio inferior, la lengua o ambos y puede incluir anestesia, parestesia, disestesia, hiperalgesia, alodinia, hipoestesia e hiperestesia. El tratamiento tras las lesiones debe hacerse de inmediato antes de que se desarrolle la degeneración distal del nervio [429].

La revisión de la literatura permite comprobar que es un hecho relativamente común hallar variaciones en el trayecto del nervio alveolar inferior por lo que es necesario utilizar técnicas de diagnóstico por la imagen previamente a la intervención quirúrgica para poder identificar estas posibles variaciones [403]. Son muchos los estudios que exponen variaciones [435], también según los países, del conducto alveolar inferior y las estructuras vaso nerviosas de la mandíbula anterior [435]. Todos confluyen en la importancia de la tomografía Cone Beam para prevenir las hemorragias [436].

Los datos obtenidos de un estudio, confirman que existen tanto características como variaciones anatómicas del conducto diferentes en Colombia a las publicaciones hechas en otras poblaciones del mundo [437].

En un estudio, en una muestra aleatoria de 84 personas (52 mujeres, 32 hombres), entre doce y ochenta años, conducido entre los años 2008 y 2009 en el Centro Sistemas Radiológicos Maxilofaciales de Santiago de Chile, se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo marcando recorrido de ambos conductos dentarios inferiores [405].

El 69% de la muestra considerada en el estudio presentó al menos una variación en el trayecto del conducto dentario inferior.

La variable del recorrido del conducto dentario que presentó mayor frecuencia fue la clasificada como prolongación anterior con confluencia (39,28%).

Se concluye que el sistema Cone Beam es fundamental para investigar la alta frecuencia de variables, mejorando el diagnóstico y pronóstico de procedimientos clínicos y quirúrgicos [405].

En un estudio realizado en Colombia en que se evaluaron 50 tomografías volumétricas computarizadas de última generación con tecnología Cone Beam de las mandíbulas de pacientes mayores de dieciocho años, con premolares y molares mandibulares en boca, sin anomalías evidentes de los maxilares, patologías mandibulares y patologías que comprometieran la calidad ósea; se realizaron cortes transversales e imágenes panorámicas [406].

El promedio de distancia del conducto a la cresta alveolar fue 17,9mm., en mujeres y 19,8 en hombres [406]. Pero puede ser muy diferente cuando se trata de un paciente desdentado. Hacia la tabla vestibular el promedio fue 3,8mm., para ambos sexos; hacia la tabla lingual de 3,2mm., en mujeres y en hombres de 2,8; el promedio del conducto al borde basilar fue 6,5mm., para mujeres y 6,2 en hombres.

No hubo diferencias significativas en cuanto a edad y lados, de las medidas tomadas en los tres sectores del cuerpo mandibular [406].

#### *Problemas médico legales*

La cirugía guiada puede evitar problemas médico legales.

En el año 2009, Silvana Rizzo, Catedrática de Cirugía Oral, de la Universidad de Pavía, Italia, y cols., presentan un artículo sobre las implicaciones médico legales del daño neural como resultado de la cirugía oral [431].

La incidencia mayor en caso de colocación de implantes. Entre los síntomas, prevalecen los sensoriales, representada por hipo - hiper parestesia y anestesia, seguidas de la mordedura de las mejillas, pérdida de saliva y fluidos mientras bebe, dificultad en el habla, estancamiento de los alimentos en el vestíbulo oral etc.

Por otra parte, con mucha frecuencia se solapa una depresión reactiva, empeorando el cuadro clínico. La sensación, a menudo solo subjetiva, de tener una "boca torcida", desencadena una serie de dificultades para desarrollar una vida social ordinaria y puede llevar a una actitud de cierre al mundo exterior.

Se presenta un caso de una paciente, de 55 años que acudió a la consulta. En 1980 se había sometido a una rehabilitación protésica soportada por 5 agujas electrosoldadas Shalom en el maxilar superior y 12 en la mandíbula inferior.

Más de 20 años después, de la colocación de las agujas, al haber movilidad, fueron eliminadas por otro cirujano, y un tercer cirujano colocó tres implantes osteointegrados ya de tipo tornillo en zona superior izquierda premolar y primer molar.

La radiografía panorámica muestra dos fragmentos de agujas visibles en la mandíbula en la zona del canino derecho y en la zona entre el segundo premolar izquierdo y primer molar. Parecía estar relacionado con la fuerte hiperestesia en la tercera rama izquierda del área del trigémino.

En el año 2010, la Dra. Tara Renton, Profesora del Departamento de Cirugía Oral King's College del London Dental Institute, Reino Unido, estudia la incidencia de implantes relacionados con lesiones del nervio alveolar inferior que varían del 0-40% <sup>[427]</sup>.

La sensación alterada (que incluye parestesia, disestesia e hipoestesia) después de la cirugía de implantes en mandíbula puede indicar una lesión transitoria o permanente del nervio alveolar inferior y la rama mentoniana, lo que reduce considerablemente la satisfacción de los pacientes con respecto a la terapia <sup>[432]</sup>.

En el estudio, se evaluó el riesgo sobre la incidencia de sensación alterada después de la cirugía de implantes mandibulares basada en un metaanálisis de 26 artículos publicados entre 1990 y 2016.

La síntesis de datos del metaanálisis reveló que a corto plazo (10 días después de la colocación del implante) y a largo plazo (1 año después de la colocación del implante) la incidencia fue del 13% y 3%, respectivamente.

De los pacientes que inicialmente informaron sensación alterada, 80%, regresarían a la sensación normal dentro de los 6 meses posteriores a la cirugía; y el 91% de ellos regresaría a la sensación normal un año después de la cirugía.

La comunicación entre el dentista y el paciente acerca del riesgo de sensación alterada es crítica para la planificación del tratamiento, ya que la incidencia a corto plazo de la sensación alterada es sustancial (13%).

Según Juodzbaly, la lesión del conducto durante la colocación de implantes dentales puede ser una complicación seria <sup>[433]</sup>.

Generalmente la lesión es reversible y dura unas semanas. Luego aparecen los síntomas de recuperación y pueden quedar secuelas en forma de parestesias dolorosas temporales. En muchas ocasiones el implante colisionó con el conducto y al retirarlo remite la situación. Se produce una respuesta metabólica en la célula nerviosa para tender a la reparación a las 48 horas. Los primeros síntomas de recuperación no aparecen antes de las 6 u 8 semanas y a veces pueden quedar secuelas como por ejemplo parestesias dolorosas temporales.

Al realizar un colgajo podemos estirar el nervio y llegar a provocar una sección total. El nervio lingual tiene un trayecto paralelo al nervio dentario inferior y puede ser lesionado por el colgajo. Sus lesiones dan insensibilidad lingual y descontrol de la secreción salival.

### *Maxilar superior*

#### Maxilar anterior

En la zona maxilar anterior en su cara palatina por detrás de los alvéolos de los centrales superiores, encontramos una fosita ovalada, la fosita incisiva donde encontramos la salida de los vasos palatinos anteriores y nervios nasopalatinos <sup>[434]</sup>.

Es una estructura muy visible en el software de cirugía guiada y muy fácil de evitar.

#### Maxilar medio

La zona maxilar media es la zona limitada anteriormente por la eminencia del canino y posteriormente por la cresta cigomática-alveolar. Es la zona de premolares y molares.

Su cara palatina está formada por gran parte de la apófisis palatina del maxilar donde encontramos multitud de pequeños orificios vasculares que nos facilitan la vascularización. Es frecuente encontrar en esta zona un accidente, el torus palatino medio <sup>[446]</sup>.

En la zona palatina también encontramos dos surcos: el surco palatino lateral, que alberga el ramo principal de la arteria palatina mayor y se encuentra más profundo, y el surco palatino interno por donde discurre el nervio palatino mayor.

Para la colocación de implantes no deberemos invadir esos espacios.

## ***BARRERAS SUPERADAS HOY EN DÍA***

En el estudio hemos reproducido los pasos previos que pueden ser considerados barreras sobre todo para el grupo 1 de la sistemática original.

Las barreras a superar por parte de los implantólogos, derivadas de los procesos de aprendizaje, protocolos preoperatorios originales y nuevo instrumental que requiere la técnica, hoy en día se han simplificado:

Férula radiológica:

Para el grupo 1 del estudio se partió de la férula radiológica. Su elaboración requiere determinados condicionantes que han sido un obstáculo para el desarrollo de la técnica y que es preciso conocer y saber manejar.

Con la sistemática original y la necesidad de la férula radiológica se hace necesaria la formación del protocolo y programa informático de planificación por parte de los implantólogos, técnicos de laboratorio y centros radiológicos <sup>[243]</sup>.

Tiene unos requerimientos indispensables para la funcionalidad de la sistemática descritos en la bibliografía <sup>[183]</sup> <sup>[397]</sup>, con pequeñas variaciones <sup>[176]</sup>.

Para la técnica original, el laboratorio de prótesis, elabora una prótesis, de estudio, o encerado diagnóstico removible, que muestre la rehabilitación estética, protética y funcional que queremos y podemos obtener. Y la envía a la clínica para realizar la prueba en boca.

Una vez comprobada esta información “protésica”, el clínico realiza los ajustes que sean necesarios hasta la correcta adaptación y funcionalidad y se devuelve al laboratorio para que realice un duplicado exacto con resina transparente; que es la férula radiológica que llevará el paciente para realizarse el TAC.

Todo ello demandaba mucho tiempo del clínico y del paciente, así como del protésico dental que debía de estar entrenado para fabricar correctamente una plantilla radiológica, <sup>[175]</sup>; pero con frecuencia no ocurría así por el incorrecto diseño de la férula con los puntos

de gutapercha, falta de estabilidad llegando hasta el surco gíngivo labial y grosor insuficiente que debía de tener la férula para que luego su reproducción en férula quirúrgica fuera resistente a la rotura en boca <sup>[154]</sup>.

En muchos casos ya se había realizado la tomografía del paciente para diagnóstico. Pero para la cirugía guiada clásica era necesario un nuevo examen radiológico con la férula tomográfica en boca del paciente y como consecuencia un mayor costo y mayor dosis de radiación.

Hoy en día solventamos bastante la problemática utilizando la propia prótesis que lleva el paciente para los casos de desdentados totales.

#### *Escaneado de la impresión como alternativa a la férula radiológica:*

Como alternativa, con el fin de reducir las desventajas citadas anteriormente y la distorsión de la guía quirúrgica final por el acumulo de pequeños errores por los diferentes pasos, se desarrolló la una nueva técnica de escaneado de la impresión que actualmente solventa los casos de desdentados parciales.

Simplifica el procedimiento ya que no requiere de la fase previa de laboratorio para la confección de la guía tomográfica para la realización de la doble tomografía de la férula y del paciente con la guía en su posición.

Este procedimiento requiere un escaneado de la impresión dental del paciente, que se vacía virtualmente para obtener el modelo de la boca del paciente, que superpone con la tomografía usando el software convertidor para la obtención de un modelo 3D, con una buena reproducción real tanto de tejidos blandos como duros.

En el año 2016, G. de Vico con práctica privada en Roma, Italia, y cols., describen un nuevo protocolo (Smart Fusion de Nobel Biocare), gracias al cual es posible hacer una cirugía de implante guiada estática miniinvasiva, en pacientes parcialmente edéntulos con al menos 6 dientes restantes, sin el uso de una guía radiográfica.

Esto es posible gracias a un procedimiento llamado surface mapping, basado en la correspondencia entre numerosos puntos en la superficie de la impresión del paciente y

los puntos de superficie anatómica correspondientes a los datos obtenidos en la tomografía de Cone Beam.

En el artículo se examina el protocolo completo centrando la atención en los procedimientos clínicos y de laboratorio <sup>[606]</sup>.

El protocolo clásico representó un problema en todos los pacientes a los que ya se les había realizado una tomografía para el examen 3D diagnóstico pero hecho sin una guía radiográfica.

Esta situación en realidad, conducía al clínico a un dilema: si proceder con un nuevo examen con una tomografía con la plantilla radiológica, y así poder obtener totalmente los beneficios de la cirugía de colocación de implantes mínimamente invasiva guiada o, por el contrario, elegir proceder de una manera tradicional.

Generalmente solo en presencia de graves problemas de salud de los pacientes o en casos quirúrgicos complejos, el clínico eligió repetir el examen de acuerdo al protocolo de doble exploración.

## Tomografía

Otro inconveniente era que la tomografía no se realizara correctamente en el centro radiológico por mala colocación de la férula o el índice de silicona para separar las arcadas dentales <sup>[181]</sup>. Hoy en día muchas de las clínicas dentales ya disponen de un tomógrafo.

En el año 2017, Zoran Vlahović<sup>1</sup> y Mirko Mikić del Departamento de Odontología de la Facultad de Medicina de Pristina Kosovska Mitrovica en Serbia y de la Universidad de Montenegro, afirman que hoy en día disponiendo de esta posibilidad, la planificación preoperatoria, y el análisis cuantitativo y cualitativo de los maxilares no se puede hacer sin el uso de estas técnicas <sup>[607]</sup>.

Además, los escáneres de tomografía computarizada con haz cónico son mucho más pequeños y menos costosos que las máquinas de escaneo por tomografía computarizada convencionales; esto le permite al profesional privado comprar e instalar una máquina de tomografía computarizada con haz cónico en su propio entorno clínico <sup>[179]</sup>.

## Software conversor

En el estudio utilizamos el software converter de Dental Slice para con los cortes axiales en formato digital obtener las imágenes 3d para la planificación virtual.

Para utilizar el software de planificación que hemos usado hasta ahora, es necesario realizar la conversión de los cortes axiales en una imagen 3d<sup>[619]</sup>. El realizar una adecuada conversión de los datos es fundamental para que el implantólogo en su clínica, esté seguro de estar trabajando con un archivo realmente correcto y preciso<sup>[181]</sup>.

Hoy en día, ya existen sistemas integrados en que el diagnóstico se puede hacer directamente después de escanear el paciente sin necesidad de conversión<sup>[176]</sup>. Con la nueva sistemática de superponer el escaneado de la dentadura sobre la imagen 3d del TAC, se consigue lo que era realmente laborioso con el software Converter, eliminando los posibles artefactos que pueden existir sobre todo si el paciente es portador de prótesis metálicas<sup>[619]</sup>.

Otro problema al que se enfrentaba el implantólogo era que solamente algunos centros radiológicos habían adquirido el software conversor, conocían la sistemática y habían sido formados para realizar la segmentación, limpieza de artefactos digital y delimitación del nervio alveolar inferior.

En el año 2016, Tabea Flugge del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial de la Facultad de Medicina de la Universidad de Freiburg, Alemania y cols., ya que, para la cirugía guiada de implantes, el requisito previo para este flujo de trabajo es la alineación de la tomografía computarizada con haz cónico con el escaneo de superficie y las restauraciones dentales pueden causar artefactos de imagen. Se examinó la influencia del usuario o el técnico en el pre - procesamiento de datos y de artefactos de imagen en la precisión del registro<sup>[608]</sup>.

Los datos tomográficos y las exploraciones de superficie intraorales de 36 pacientes se usaron para planificación de implantes en coDiagnostiX (Dentalwings, Montreal, Canadá).



Los datos fueron reconstruidos a un modelo anatómico tridimensional con la configuración predeterminada proporcionada por el software y también de forma manual por cuatro examinadores diferentes.

Posteriormente, los datos tomográficos y los modelos de superficie intraoral fueron superpuestos por cada examinador con la ayuda de puntos anatómicos.

Los datos de los pacientes fueron subdivididos en cuatro grupos del Grupo A al D, según el número de restauraciones metálicas: A: menos de 2 restauraciones, B: entre 3 y 5, C: entre 6 y 8 restauraciones y D: más de 8 restauraciones.

Después del registro, se midieron las desviaciones entre las imágenes tomográficas y de los modelos de superficie dental.

El propósito era para evaluar la influencia del examinador en la elaboración de la segmentación, y el número de restauraciones.

La media fue de 0,54mm. Las desviaciones medias fueron de 0,69mm., (máximo 24,8mm.) y 0,4mm., (máximo 9,1mm.) para los sistemas de segmentación automatizada y manual respectivamente.

Desviaciones medias por grupos fueron de 0,36mm., (Grupo A), 0,43mm., (Grupo B), 0,67mm., (Grupo C) y 1,01mm. (Grupo D).

El usuario y el número de restauraciones tuvieron una influencia significativa en el registro de la precisión. Concluyen que la pequeña variación entre las imágenes tomográficas y el modelo de escaneo de superficie resultante tiene una cierta inexactitud que se transfiere al campo quirúrgico y da como resultado una desviación entre lo planeado y la posición real de los implantes.

#### Software de planificación:

En el estudio se utilizó el software de planificación Dental Slice en la última versión disponible. Ha mejorado con las sucesivas actualizaciones. Solamente es necesario familiarizarse con el software. Hoy en día disponemos de muchas más facilidades para aplicar la técnica como por ejemplo un software más intuitivo, manuales y videos para la formación de los diferentes pasos.

No obstante, si el implantólogo desea prescribir la planificación, puede enviarla a un Centro de Planificación. Existen expertos profesionales que se ofrecen para ejecutar la planificación para que el aprendizaje del software de planificación no fuera el obstáculo a la aplicación clínica de la cirugía guiada.

Surgió en su momento Guided Implant Support que asistía al profesional en sus planificaciones de implantes <sup>[243]</sup>. El Dr. Carlos Aparicio afirmaba que los más beneficiados con la implementación de esta nueva técnica son los pacientes “porque si antes eran necesarias diversas cirugías y podían llegar a pasar varios meses hasta que el paciente recuperaba la funcionalidad y la estética de sus dientes, hoy podemos rehabilitar la función y la estética mediante prótesis implanto soportadas en muy poco tiempo”<sup>[243]</sup>. Entre los tutores destacaban los responsables de los departamentos de Cirugía y Prótesis de la Clínica Mayo, Estados Unidos, Eugene Keller, y Steven Eckert, respectivamente; los responsables de los departamentos de Prostodoncia y Periodoncia de la Universidad de Lovaina, Bélgica, Ignace Naert y Marc Quirynen, respectivamente, y Bertil Friberg, Jefe del Departamento de Cirugía de la Clínica Brånemark de Gotemburgo, Suecia <sup>[243]</sup>.

## Guía quirúrgica

La guía quirúrgica que se utilizó en el trabajo fue elaborada por la firma Bioparts a partir de la planificación virtual de los implantes en el modelo prototipado. Las guías actuales ya no tienen los inconvenientes de rotura del pasado ni del tiempo de espera.

La guía evita errores inherentes al operador <sup>[174]</sup> con mejor inserción planificada de los implantes <sup>[102]</sup>. Un artículo científico afirma que las guías quirúrgicas que usamos de la firma Bioparts no sufren cambio dimensional significativo después de la esterilización en autoclave, garantizando así una mayor seguridad para el profesional y para el paciente <sup>[249]</sup>.

## Instrumental quirúrgico específico

En el estudio se utilizó el kit Raptor 4.1 tal como se usa en la cirugía con pacientes.

Cada fabricante de implantes suele disponer de un estuche específico para cirugía guiada y debe de estar en consonancia con el diámetro de las anillas cilíndricas, que guían las perforaciones y los implantes de la férula quirúrgica.

La poca apertura bucal del paciente puede ser una limitación, sobre todo al trabajar en sectores posteriores por el espesor de la guía quirúrgica, aunque los nuevos kits quirúrgicos incorporan fresas más cortas para contrarrestar este problema.

Los kits de instrumental se han simplificado y perfeccionado respecto a los primeros que eran además bastante costosos. En la actualidad resulta más asequible. Incorpora mejoras prácticas como la llave de posicionamiento de implantes más larga para compensar encías gruesas.

En un artículo publicado en 2018, en que los autores también utilizaron la guía quirúrgica y El kit Raptor de la empresa Bioparts de Prototipado Biomédico en Brasilia, comentan que durante el procedimiento quirúrgico, es de suma importancia que la guía prototipada se mantenga bien adaptada y fijada al reborde, imposibilitando alteraciones de posición durante su fijación <sup>[174]</sup>.

La principal causa de fallos en el protocolo de la cirugía virtual guiada está relacionada con esta etapa clínica.

Otro beneficio de la utilización de esta técnica quirúrgica es la posibilidad de la utilización de arandelas, para guiar en la instalación de los implantes, con tamaños y formas diferentes, haciendo aún mayor la precisión de la perforación de los implantes.

En el kit se incorpora una nueva opción para el uso de guías quirúrgicas, ya que la instalación de implantes en pacientes edéntulos es de difícil manejo, pues presentan una estabilidad insatisfactoria durante el procedimiento operatorio.

En ese contexto el uso de elementos simulares de implantes transitorios para conferir estabilidad de la guía en el transoperatorio es fundamental.

## *PROCEDIMIENTO*

### PLANIFICACIÓN INVERSA

En el modelo prototipado del trabajo, no solo buscamos la mejor colocación de los implantes según la anatomía, sino que también nos basamos en el posicionamiento que requiere la prótesis <sup>[317]</sup>.

Para obtener resultados óptimos, la restauración debe tener un balance armonioso entre la función, la estética y los principios biológicos <sup>[309]</sup>. Esta filosofía ha generado el concepto de ‘implantes guiados protésicamente’, en la cual los implantes son colocados con base en los requisitos de la restauración final, y no simplemente en la disponibilidad del hueso en la zona para el implante <sup>[553]</sup>. Los avances en métodos reconstructivos quirúrgicos y la exigencia de prótesis eficientes necesitan ubicaciones de implantes precisas <sup>[203]</sup>.

Este concepto parece obvio, pero no ocurre así cuando se utiliza la cirugía convencional, en la que se colocan los implantes según la disponibilidad ósea, teniendo en cuenta la mejor disposición posible para sustentar la prótesis de manera “aproximada” e “intuitiva” pero nada que ver en precisión con la planificación guiada.

En el estudio que realizamos con el modelo prototipado, se ha reproducido toda la secuencia necesaria para la planificación de los implantes dentales basada en la prótesis para la función inmediata con el protocolo a seguir de una sola fase quirúrgica que permite evitar el tiempo de cicatrización clásico, aumentando el beneficio de la comodidad para el paciente. La Cirugía guiada por ordenador se ideó siguiendo este protocolo de prótesis inmediata <sup>[152,570]</sup>.

El profesional establece una planificación implantológica guiada que hace posible la realización de la fase quirúrgica y prostodóncica con un éxito elevado <sup>[101,110]</sup>.

En el 2006, Kunal Lal, Profesor Asistente de Odontología Clínica del Departamento de Prostodoncia, Universidad de Columbia, Nueva York, USA y cols., colocaron ocho implantes en la parte posterior de la mandíbula utilizando una guía estereolitográfica

generada por computadora concluyendo que, la técnica es ideal para la rehabilitación protésica [102]. Se colocaron los implantes se dejaron osteointegrar durante 4 meses.

Después de la cirugía de segunda etapa, se colocaron los pilares definitivos; y se siguió con la inserción de las prótesis definitivas atornilladas. Los forámenes de acceso al tornillo protésico para los ocho implantes colocados fueron predeciblemente orientados hacia el centro de la superficie oclusal de la prótesis definitiva.

En el seguimiento posterior a la inserción a los 18 meses, las profundidades de sondeo fueron de 3 a 4mm., y las radiografías horizontales de mordida revelaron niveles de hueso estables correspondientes a la primera rosca de todos los implantes.

Los resultados de este informe clínico no son solo alentadores, sino también indicativos de que la colocación de implantes y la orientación prostodóncica puede lograr ser la ideal y predecible utilizando la guía estereolitográfica [102].

#### *PROVISIONAL ANTES DE LA CIRUGÍA*

En el estudio realizado, igual que en clínica con la técnica de la cirugía guiada, existe la posibilidad de obtener la prótesis provisional antes de la cirugía, a partir de la férula quirúrgica [144,555,556], ya que puede ser utilizada como cubeta de impresiones y ser vaciada con los análogos de implantes [101]; se colocan los pilares protésicos necesarios y se confecciona la prótesis correspondiente implantosoportada provisional [557,558].

En la rehabilitación implantológica protésica, hay múltiples posibilidades ya que, al igual que en medicina, el diagnóstico es el punto de partida [571,572]. La prótesis provisional permite poder corregir los problemas surgidos de oclusión y estética, antes de realizar la prótesis definitiva.

Después de este periodo de rehabilitación inmediata provisional, cuando las respuestas biológica y funcional del paciente lo recomienden, se realiza la prótesis implantosoportada definitiva [573] y se rehabilita definitivamente al paciente [449].

Cuando aparecieron las primeras publicaciones comerciales de la Técnica Guiada, se mencionaba que la prótesis obtenida a partir de la férula quirúrgica antes de la cirugía, encajaba correctamente en boca con los implantes.

Pero los implantólogos y prostodoncistas se encontraban con el contratiempo de que en la mayor parte de casos no sucedía así.

La desventaja principal de la colocación de la prótesis provisional inmediata si se realizaba sin aliviar, era la más que posible falta de ajuste pasivo con los implantes por las pequeñas discrepancias de desviación que se producen durante la realización de la técnica quirúrgica, en relación a la planificación. En la cirugía de implantes asistida por ordenador se han señalado errores de transferencia medios, lineares y angulares de hasta 0,90mm., y 4,50° entre el plan de tratamiento y la fase quirúrgica <sup>[491]</sup>.

Cuando este procedimiento se lleva a cabo junto a la carga inmediata de una prótesis prefabricada sin aliviar la zona de alrededor de los pilares, estos errores de transferencia pueden dar lugar a un mal ajuste de la prótesis <sup>[491]</sup>.

La precisión del sistema permite prefabricar la prótesis previamente a la cirugía, pero debe de ser de modo aliviado, dejando unos huecos en la resina con cierto margen en la zona donde van a ir los pilares. De esta forma se puede colocar realmente de manera inmediata, en el mismo acto quirúrgico, y colocar los pilares o cilindros de titanio acoplados a los implantes y rebasar o juntar con la prótesis usando un ligero relleno con de cada pilar con resina; que puede ser composite fluido fotopolimerizable en torno y alrededor de los pilares.

Oyama, publica <sup>[491]</sup> la colocación errónea de una prótesis completa definitiva que fue construida antes de la cirugía de implantes y cargada inmediatamente después.

Utilizando el concepto “All-on-Four”, se fabricó una guía quirúrgica (Nobel Guide) a partir de los datos suministrados por el ordenador, con el objeto de guiar la colocación de los implantes. El manejo de la prótesis mal ajustada, lleva como consecuencia las subsiguientes complicaciones clínicas <sup>[491]</sup>.

En 2005, el Dr. Daniel van Steenberghe, Profesor del Departamento de Periodoncia de la Universidad Católica de Leuven, Bélgica, y cols., realizó un trabajo científico utilizando un software de planificación de implantes tridimensionales a partir de datos de tomografía computarizada, obteniendo las guías quirúrgicas y las prótesis dentales definitivas <sup>[354]</sup>.

El objetivo del estudio era evaluar la técnica quirúrgica sin colgajo y validar la universalidad de este concepto en un estudio clínico prospectivo multicéntrico.

Se incluyeron 27 pacientes consecutivos con maxilares edéntulos. Los tratamientos fueron realizados según el concepto Teeth-in-a-Hour™ (Nobel Biocare AB, Goteborg, Suecia).

Todos los pacientes recibieron su restauración protésica final inmediatamente después de la colocación de los implantes. Tanto la cirugía y la inserción de la prótesis se completaron en aproximadamente 1 hora.

En los 24 pacientes seguidos durante 1 año, todas las prótesis e implantes individuales se registraron como estables.

El presente estudio prospectivo multicéntrico indica que la fabricación antes de la cirugía sin colgajo de la guía quirúrgica y la prótesis dental usando un software de planificación tridimensional de implantes dentales a partir de las imágenes de un TAC, para la carga inmediata es una opción de tratamiento muy confiable.

Es evidente que el mismo enfoque podría ser utilizado para el edentulismo parcial <sup>[354]</sup>.

Se trata de un muy buen artículo perfectamente ilustrativo de la técnica en el que se concluye que se puede tener la prótesis definitiva ya hecha antes de la cirugía; y es cierto; pero hay que fijarse en el importante detalle de que se trata de prótesis híbrida fabricada por un sofisticado método de pasividad que usa unos cilindros especiales y que nosotros también hemos practicado en equipo con éxito y en cirugía en directo para la audiencia. Esta técnica precisa unos materiales especiales. Se precisa un equipo completo con formación específica, experiencia rehabilitadora y un laboratorio protésico entrenado. Si no se sigue el estricto protocolo de pasividad, y se fabrica una prótesis atornillada a partir de la guía quirúrgica; debido a los pequeños errores acumulados que se reflejan en el estudio de la precisión, es más que posible que el implantólogo se encuentre con la desagradable sorpresa de que la prótesis no ajusta y encaja. Tal como ha ocurrido con frecuencia al principio de la difusión de la sistemática original y alguna vez se ha reflejado en la literatura <sup>[619]</sup>.

### *OPTIMIZA LA PRÓTESIS*

La colocación de implantes guiados por la restauración con una plantilla de guía quirúrgica puede disminuir las complicaciones clínicas y de laboratorio [104,118].

Se evita el riesgo de problemas relacionados con la prótesis [164] y las posibles complicaciones postquirúrgicas [157].

### *DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS*

La distribución correcta de las posiciones de los implantes se traducen en una prótesis biomecánicamente funcional [479].

Según Daniel Whitley, El diseño protésico definitivo puede ser utilizado durante la planificación prequirúrgica para determinar la ubicación adecuada para el implante [226].

Especial interés hay que mostrar en la distribución de los implantes en la arcada de pacientes edéntulos, optimizando el reparto de fuerzas y reduciendo la influencia de las extensiones y los contactos alejados del eje axial del implante. Y así establecer el protocolo quirúrgico y prostodóncico más favorable de acuerdo al diagnóstico individual del paciente con una oclusión optimizada [101].

### *AJUSTE*

La correcta planificación y posicionamiento de los implantes dentales es fundamental para el éxito de la rehabilitación, sobre todo en la planificación de sobredentaduras [192].

El software de planificación utilizado en el estudio realizado, posee actualmente una potente herramienta para comprobar y ajustar el paralelismo entre implantes y componentes protésicos; evitando cualquier problemática posterior por falta de correcto asentamiento y ajuste pasivo de la prótesis.

### *SELECCIÓN DE LOS TRANSEPITELIALES ANTES DE LA CIRUGÍA*

En la planificación digital, entre el hueso y la prótesis nos queda representado el espacio de los tejidos blandos que permite la simulación del eje del pilar transepitelial que se acoplará al implante y determinar la angulación y altura que vamos a necesitar en relación



a la altura de los tejidos blandos y los requerimientos protésicos, especialmente si se trata de una prótesis fija.

El odontólogo debe conocer las indicaciones, ventajas/desventajas de los sistemas de pilares para utilizarlos correctamente en cada caso clínico [554].

La técnica de cirugía guiada desde sus orígenes se suele utilizar transepiteliales con prótesis atornillada, aunque también pueden usarse pilares cementados con las debidas precauciones, o mejor cemento-atornillados para evitar la problemática del cemento.

En la manera atornillada se utiliza un tornillo para ajustar la prótesis mientras que en la junta cementada se utilizan cementos dentales mejorados, provenientes de cementos dentales estándar usados en la práctica odontológica [8].

En un estudio, se documentaron una serie de casos con enfermedad periodontal asociada por cemento residual subgingival [338].

El cemento dental se ha relacionado con una imagen histológica patognomónica con muchas áreas con partículas negras dentro de las células de los macrófagos. Cultivos celulares, con diferentes cementos dentales, dieron como resultado una menor tasa de supervivencia de los osteoblastos [339].

### *ESTÉTICA*

El posicionamiento guiado ideal de los implantes y los componentes transepiteliales tiene ventajas obvias de resultados estéticos evitando el tener que recurrir a pilares angulados para contrarrestar la salida por vestibular de la “chimenea protésica”.

### *HIGIENE*

Proporciona estabilidad a largo plazo de tejidos duros y blandos periimplantarios y como resultado facilita la limpieza y mantenimiento de la higiene [345].

### *DURABILIDAD DE LA PRÓTESIS*

Una prótesis fija no deja de ser un cuerpo extraño que se instala en la boca intentando sustituir las funciones dentarias y por lo tanto requerirá un tiempo de adaptación que variará según la situación del paciente y el tipo de prótesis.

No hay que olvidar que las prótesis dentarias soportan grandes fuerzas masticatorias, y que esto, irremediamente, afectará a los materiales.

Una prótesis correctamente soportada evita el riesgo de fractura de los materiales, despegamiento o aflojamiento de los sistemas de retención de la prótesis con el paso del tiempo.

### *PLANIFICACIÓN SEGÚN LOS TIPOS DE PRÓTESIS*

La planificación realizada en el estudio, aunque no era necesaria para la valoración de la precisión, se siguió tal como hacemos habitualmente de proyectarla, si es posible, de manera universal, apta tanto para prótesis híbrida, como fija o como sobredentadura, para poder optar por un cambio a posteriori en caso de ser necesario o solicitado por el paciente.

En el caso de "implantes adyacentes" se encuentran diferentes criterios rehabilitadores por parte de los profesionales: por un lado los autores que defienden la resolución protésica mediante coronas individuales y por otro los que apuestan por su rehabilitación con coronas ferulizadas (entendiendo ferulización como la unión de 2 o más dientes o implantes en una unidad rígida <sup>[3]</sup>.

## PLANIFICACIÓN

Existen desde principios de los años 2000 diferentes software de planificación similares a partir de la tomografía computarizada [176,183,184,243,395].

En el trabajo, utilizamos el software de planificación Dental Slice para todos los grupos que se ha utilizado también en otros trabajos de investigación [189]. Buscamos la mejor posición para cada implante y paralelismo entre ellos con las herramientas digitales que existen en el software de planificación para este importante propósito.

### *Ventajas:*

#### Seguridad técnica

Las aplicaciones de software de diagnóstico interactivo permiten una mejor manipulación de datos tomográficos para proporcionar herramientas de análisis de vanguardia confiables para beneficiar tanto al paciente como al clínico en el búsqueda de lograr resultados predecibles [209].

Se obtienen mejores resultados en primer lugar, porque se diagnostica y se estudia mejor el caso. En este sentido, un estudio alemán realizado sobre 5 pacientes a los que se insertaron 18 implantes en áreas maxilares más complejas, demuestra la utilidad de la cirugía guiada por ordenador porque permite mejorar la longitud o la localización de los implantes cuando se compara con la planificación convencional realizada con una radiografía panorámica. De hecho, en el 77,7% se pudo incrementar la longitud de los implantes [7].

Se realizó una revisión sistemática en la que se encontraron 350 artículos relevantes y 161 artículos se incluyeron en el estudio [203]. El estudio revela que la técnica de colocación de implantes convencional a mano alzada sigue siendo la favorita de los expertos para casos no comprometidos.

Sin embargo, para casos comprometidos que exigen precisión y previsibilidad, las guías quirúrgicas fabricadas con CAM permiten a los implantólogos tener más éxito con los

implantes <sup>[203]</sup>. El análisis radiográfico 3D de los dientes remanentes y el hueso disponible le permiten al Odontólogo una mayor orientación espacial y estimación del volumen y de la calidad del hueso antes de la colocación de los implantes <sup>[110,180]</sup>.

#### Predictibilidad

La posibilidad que ofrecen los programas informáticos actuales de planificación basados en el TAC, ha cambiado radicalmente las cosas en cuanto a predictibilidad y precisión <sup>[190]</sup>.

A pesar de ello, en muchas ocasiones, los clínicos eligen la llamada “navegación mental o intuitiva”, basándose en el plan programado mentalmente viendo las imágenes del TAC, y en algunos casos, solamente con la radiografía panorámica e intraoral, según la experiencia, y que visualiza la zona operatoria solamente en el momento quirúrgico tras la incisión, desbridamiento y apertura del colgajo.

Si solamente se ha utilizado la radiografía panorámica para el diagnóstico, ocurre en ocasiones que aparecen imprevistos anatómicos no detectables solamente en visión 2D, que obligan a reorganizar o abortar la cirugía y postponerla.

Ya un paso adelante en el diagnóstico sería realizar un diagnóstico y planificación en el ordenador, pero seguido por una cirugía “a mano alzada” sin usar la guía quirúrgica <sup>[191]</sup>. Esta aproximación es inexacta y variable; el tratamiento es incierto y menos predecible, especialmente cuando se trata de casos complejos o difíciles.

#### *En cuanto a la reabsorción ósea vestibular*

Espesores menores de 1,5mm., de hueso en la zona vestibular del implante va a favorecer la reabsorción ósea en esa zona entre la primera y la segunda fase en los implantes sumergidos <sup>[42]</sup>.

Una inclinación exagerada hacia bucal o simplemente siguiendo el eje de la raíz del diente preexistente, dejará una cortical externa demasiado fina, desapareciendo ésta en el momento en el que se lleve a cabo la remodelación ósea del espacio biológico.

Esto puede ocurrir también siempre que se utilicen implantes de diámetro demasiado anchos en el sector anterior <sup>[207]</sup>; pudiendo ocasionar una fenestración que deja el hueso intacto en coronal con las roscas expuestas en la porción apical, o una dehiscencia que deja la porción coronal del implante expuesto.

#### *Reacción a cargas biomecánicas*

La influencia de cargas axiales o no axiales excesivas o patológicas, puede producir una fractura por fatiga de la interface hueso-implante y del hueso adyacente.

Cuando el hueso es muy poroso y sin presencia de cortical, al aplicar una carga axial la distribución de la fuerza se distribuye de manera homogénea a lo largo del implante.

Cuando existe una zona cortical, esas cifras elevadas solo se producen en la zona cervical del implante, mientras que en el resto del cuerpo del implante se encuentran en rangos de sobrecarga media <sup>[42]</sup>.

Isidor y cols., realizaron un estudio en mandíbula de monos donde se evidenció que implantes sometidos a una sobrecarga con una buena higiene perimplantaria, presentaron una pérdida de la osteointegración, mientras que los casos que tenían mala higiene sin sobrecarga, no la perdían <sup>[271]</sup>.

La pérdida de osteointegración se achacó a microfracturas por fatiga en el hueso que sobrepasaban el potencial reparador.

#### *En cuanto a la pérdida ósea y papila por la distancia entre implantes*

La correcta interdistancia entre implantes es importante en cuanto a la funcionalidad y la estética <sup>[196]</sup>.

La distancia interimplante va a influir para aumentar la reabsorción de tal forma que en situaciones en la que ésta es menor de 3mm., la reabsorción es significativamente mayor debido a la búsqueda del sellado biológico <sup>[42,196]</sup>.

Se produciría una reabsorción horizontal de la cresta que influiría en la regeneración de la papila interimplante, con importantes repercusiones estéticas <sup>[42]</sup>. Manteniendo la altura del hueso en la zona interproximal, se puede lograr una reconstrucción estética de la

papila <sup>[204]</sup>. El espesor de la mucosa periimplantar es mayor en pacientes con biotipo grueso <sup>[205]</sup>.

En el año 2000, Dennis Tarnow del Departamento de Implantología de la Facultad de Odontología de la Universidad de New York, USA., con el propósito de evaluar la dimensión de la pérdida ósea lateral en la interface implante-pilar y para determinar si esta pérdida de dimensión lateral tiene un efecto en la altura de la cresta del hueso entre implantes adyacentes separados por diferentes distancias, realizó un estudio de medición radiográfica en 36 pacientes que tenían dos implantes adyacentes presentes <sup>[196]</sup>. La pérdida de hueso lateral se midió desde la cresta del hueso hasta la superficie del implante. Los datos fueron divididos en 2 grupos, basados en la distancia entre implantes. La pérdida ósea crestal para implantes con una distancia entre ellos mayor que 3mm., entre ellos, fue de 0,45mm., mientras que si los implantes estaban a una distancia de 3mm., o menos entre ellos tenían una pérdida crestal de hueso de 1,04mm.

Una complicación quirúrgica en el momento de la cirugía puede ser el colocar los implantes a menor distancia de la adecuada determinada por Tarnow y cols., menor de 3mm., al implante adyacente que puede tener estabilidad inmediata pero más tarde se produce una pérdida ósea lateral <sup>[197]</sup>.

El signo clínico de importancia de este fenómeno es que la pérdida de hueso crestal implicaría un aumento en la distancia entre el punto de contacto de las coronas adyacentes y la cresta ósea. Esto podría determinar si la papila estaría presente o ausente entre 2 implantes.

El paralelismo y la utilización selectiva de implantes con un menor diámetro en la interfaz implante-pilar puede ser beneficioso cuando se van a colocar múltiples implantes en zona estética para que haya un mínimo de distancia de 3mm., de hueso entre ellos los implantes a nivel de la zona de interface implante-pilar <sup>[196]</sup>.

En una publicación del año 2003, Yu-Jen Wu del Departamento de Operatoria Dental del Dentistry Chang Gung Memorial Hospital, Chiayi, Taipei y cols., consideran que la pérdida de la papila dental interproximal puede causar problemas funcionales y, especialmente, en la región anterior maxilar, problemas estéticos fonéticos y severos <sup>[198]</sup>.

Investigaron si la distancia desde el punto de contacto dental a la cresta ósea en radiografías periapicales estandarizadas de los dientes anteriores maxilares podría correlacionarse con la presencia de papila proximal en pacientes taiwaneses adultos.

Se seleccionaron al azar 200 contactos interproximales de dientes anteriores maxilares en 45 pacientes examinados con dentición permanente completamente erupcionada.

La presencia de la papila interproximal la papila se determinó visualmente.

Los datos revelaron que cuando la distancia desde el punto de contacto a la cresta ósea en radiografías periapicales estandarizadas era de 5mm., o menos, las papilas estaban presentes casi en 100% de los casos.

Cuando la distancia fue de 6mm, el 51% de las papilas estaban presentes, y cuando la distancia era de 7mm., o más, solo el 23% de las papilas estaban presentes.

Por lo que se demuestra que la distancia desde el punto de contacto a la cresta ósea en los dientes anteriores maxilares está altamente asociada con presencia o ausencia de la papila interproximal en pacientes taiwaneses <sup>[198]</sup>.

También en el 2003, Dennis Tarnow del Departamento de Implantología de la Facultad de Odontología de la Universidad de New York, USA., advierte tras un estudio de 136 contactos interproximales entre implantes en 33 pacientes examinados en cinco clínicas dentales diferentes con anestesia local y una sonda de periodoncia, en implantes colocados uno al lado del otro había una altura de papila entre implantes comprendida entre 1 y 7mm., con una media de 3,4mm <sup>[197]</sup>.

En muchos casos solamente se consigue una altura de papila de 2, 3 o 4mm., con una media de 3,4mm., con lo que todavía faltarían 1 o 2mm., para conseguir la altura media de papila habitual, por lo que podría resultar perjudicada la estética.

Se puede intentar corregir este problema con el uso de provisionales ovales <sup>[198]</sup>.

En el año 2008, Manuela Wanderley Ferreira-Lopes, desde el Departamento de Medicina Oral de la Facultad de Odontología de la Universidad de Pernambuco, Recife, Brasil, y cols., publicaron un estudio sobre la pérdida de la papila interdental como uno de los eventos adversos que pueden ocurrir después del tratamiento dental <sup>[199]</sup>.

El objetivo era evaluar el efecto de la distancia desde el punto de contacto hasta el hueso crestral sobre el grado de pérdida vertical de las papilas interdenciales.

Se examinaron un total de 125 puntos interproximales de 26 pacientes con sondaje periodontal con anestesia local.

El estudio reveló que cuando la distancia desde el punto de contacto al hueso crestal era  $\leq 5\text{mm.}$ , en el 98,4% de los casos la papila no se encogió. Cuando la distancia era  $\geq 7\text{mm.}$ , hubo un 100% de contracción de la papila que se clasificó como clase III.

En 1998, Nordland y Tarnow desarrollaron un sistema de identificación que identifica los grados progresivos de pérdida de la papila interdental con tres puntos anatómicos de referencia <sup>[200]</sup>.

La papila se afecta considerablemente en la periodontitis crónica <sup>[201]</sup>. La presencia de papila interdental está íntimamente relacionada con los resultados estéticos y funcionales de la terapia periodontal y rehabilitadora. Sin embargo, uno de los factores más importantes para la ausencia de papilas, es su epitelio, ya que es muy similar al epitelio de unión, el cual no es queratinizado; por lo tanto, es muy susceptible a la enfermedad periodontal, siendo el sitio más frecuente en la iniciación de la enfermedad <sup>[200]</sup>

La papila interdental desarrolla una función mecánica al ocupar el espacio interproximal evitando el acopio de restos alimenticios; además, su ausencia provoca los conocidos triángulos negros, que ocasionan problemas fonéticos, al dejar pasar el aire y la saliva.

La reconstrucción de la papila interdental es uno de los mayores desafíos y uno de los tratamientos menos predecibles. Es por eso, que es muy importante respetar la integridad de la papila interdental durante todos los procedimientos odontológicos para así prevenir su desaparición. Es un reto para los profesionales el crear contornos gingivales estéticos alrededor de las restauraciones dentales implantoportadas, que dependen en gran parte de la presencia de una disposición de tejido blando periimplantario saludable <sup>[202]</sup>.

Previsibilidad del material:

Después de finalizar la planificación se puede imprimir la pantalla incluso con el listado de implantes con sus longitudes y diámetros, así como las alturas de los componentes transepiteliales y las angulaciones para tener todo previsto y preparado antes de la cirugía.



## CIRUGÍA

En el estudio se realizó la reproducción de la cirugía sin colgajo en los grupos 1 y 2.

La elevación de un colgajo mucoperióstico de espesor total, es la manera clásica de que disponemos para visualizar la forma del hueso y su superficie, elegir exactamente el punto más adecuado para la osteotomía y evitar la producción de fenestraciones y dehiscencias al fresar <sup>[252]</sup>. El éxito está influenciado por la habilidad quirúrgica con tratamiento atraumático del tejido <sup>[251]</sup>.

En muchas situaciones la cirugía postoperatoria convencional causa una gran incomodidad para el paciente, con edema facial, hemorragia y dolor. La cirugía flapless, (sin flap o colgajo), genera menos hemorragia postoperatoria, menos molestias para el paciente, tiempo de cirugía más corto y una curación reducida en tiempo <sup>[536]</sup>.

La cirugía sin colgajo sin usar guía quirúrgica es un procedimiento “a ciegas” <sup>[369]</sup>, difícil de realizar bien, aún en las manos más expertas <sup>[253]</sup>. Muy a menudo se observan complicaciones porque los implantólogos no pudieron adivinar completamente la morfología del hueso disponible <sup>[179]</sup>.

Un estudio mostró que cuando los implantes se colocaron sin colgajo, tanto la cantidad de osteointegración y preservación de la altura ósea alrededor de los implantes fueron significativamente mayores que en los implantes colocados con colgajo. Es posible en pacientes con encía adecuada y volumen y densidad ósea disponibles <sup>[254]</sup>.

Son similares las tasas de infección postoperatoria, y pérdida ósea marginal entre los pacientes que se rehabilitan mediante implantes dentales que se insertan mediante un procedimiento quirúrgico sin colgajo versus la técnica de colgajo <sup>[253]</sup>.

En una revisión sistemática, Cosyn y cols., concluyeron que un abordaje sin colgajo reducía la pérdida ósea pero también aumentaba el rebrote de la papila y, por lo tanto, el resultado estético de los implantes individuales <sup>[179]</sup>.

Se mantiene intacto el periostio con el hueso y el plexo supraperióstico, preservando así el potencial osteogénico y el suministro de sangre al hueso y / o implante subyacente.

El abordaje sin colgajo es beneficioso para los pacientes, porque se ha informado de una morbilidad y molestia postoperatoria considerablemente menores en comparación con la cirugía de colgajo abierto <sup>[179]</sup>.

Como resultado, los pacientes son más propensos a someterse a una cirugía sin colgajo. Desde una perspectiva clínica, la intervención quirúrgica mínima puede permitir el tratamiento de pacientes ansiosos o médicamente comprometidos, (como los que reciben tratamiento con anticoagulantes o bisfosfonatos).

También ofrece la posibilidad de utilizar una restauración provisional, mejorando la cicatrización de los tejidos blandos y restaurando de inmediato la función y la estética.

En el año 2012, Doan del Instituto Biomédico de Innovación en Salud de la Universidad Tecnológica de Queensland, Brisbane, Australia; y cols. de la Facultad de Estomatología de la Universidad Médica de Fujian, Fuzhou, China y de La Facultad de Odontología y Salud Oral, Griffith University, Gold Coast, Australia, realizaron un estudio, en que el promedio de complicaciones intraoperatorias fue de 6,55% usando el procedimiento sin colgajo. Los datos obtenidos mostraron que la cirugía sin colgajo en las áreas maxilares posteriores podría ser un método de tratamiento viable y predecible para la colocación de implantes <sup>[341]</sup>.

En 2014, Bruno Ramos Chrcanovic y Ann Wennerberg del Departamento de Prostodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Malmö, y Tomas Albrektsson del Departamento de Biomateriales de la Universidad Göteborg, en Suecia; realizaron un estudio para probar la hipótesis de que no hay diferencia en las tasas de fracaso del implante, infección postoperatoria, y pérdida ósea marginal entre los pacientes que se rehabilitan mediante implantes dentales que se insertan mediante un procedimiento quirúrgico sin colgajo versus la técnica de colgajo.

No hubo aparentes efectos significativos de la técnica sin colgajo en cuanto a la aparición de infección postoperatoria <sup>[253]</sup>.

En el año 2016, La Profesora Maris Victoria Olmedo-Gaya y cols. de la Facultad de Estomatología de la Universidad de Granada, publican en inglés un artículo científico

donde analizan los factores de riesgo asociados con el fracaso temprano de los implantes dentales con un estudio clínico retrospectivo de cinco años donde concluyen que el fracaso temprano está asociado significativamente con el sexo masculino, la enfermedad severa periodontal, los implantes cortos, las técnicas de expansión ósea y el dolor e inflamación postoperatoria a la semana de la intervención [219].

### *Cirugía guiada sin colgajo*

En el 2007, Tommie Van de Velde y Hugo De Bruyn, del Departamento de Periodoncia e Implantología Oral de la Universidad de Gante, en Bélgica, considerando que algunas empresas de implantes recomendaban que la cirugía sin colgajo era fácil de realizar y resultaba beneficioso para la estética y menor morbilidad de los pacientes; y sin embargo, faltaban estudios que analizaran objetivamente la posición en el hueso de los implantes instalados de esta manera, realizaron un estudio sobre modelo para analizar las desviaciones en la posición y la inclinación de los implantes colocados con cirugía sin colgajo, en comparación con la posición idealmente planificada; y para examinar si el resultado se ve afectado por el nivel de experiencia.

No hubo diferencias significativas entre los grupos de diferente experiencia para todos los parámetros; a excepción de las desviaciones globales angulares entre el grupo de los dentistas y los estudiantes.

En la zona de los incisivos, los especialistas y los estudiantes se desviaron significativamente más en la desviación global y la profundidad que los dentistas.

En zonas premolares y molares, no hubo diferencias significativas a excepción de las desviaciones horizontales entre especialistas y dentistas en las zonas molares.

Como consecuencia de la mala colocación, cuando la mucosa artificial se retiró del modelo, se observaron fenestraciones en el 59,7% (43 de 72 implantes).

Concluyen que la ubicación tridimensional de los implantes instalados con abordaje sin colgajo difiere significativamente del ideal, aunque los dientes vecinos estaban presentes y estaba disponible la máxima información radiográfica.

Esto señala que las mediciones más precisas de tejidos blandos in situ o el uso adicional de los sistemas de guía quirúrgica, son muy recomendables [549].

Un enfoque guiado por computadora puede superar los inconvenientes de la cirugía sin colgajo, como lo sugieren Tahmaseb y cols., que concluyeron, basándose en una revisión sistemática, que el nivel de precisión era satisfactorio utilizando guías quirúrgicas mucosoportadas; y se presentó un buen resultado clínico [179].

La guía quirúrgica permite la inserción de los implantes de una forma mínimamente invasiva, sin necesidad de realizar colgajo con mínimo trauma quirúrgico y excelente post-operatorio para el paciente [174]. Se reduce el tiempo y en el número de visitas y materiales necesarios [50].

Hay muchas ventajas para el paciente y para el cirujano, ya que el procedimiento requiere menos tiempo, el sangrado es mínimo, la colocación del implante es rápida y no es necesario colocar y quitar suturas [50]. Los resultados sugieren que el sistema guiado por imágenes presentado es confiable para la cirugía sin colgajo [400]. En manos expertas no hay diferencia en las tasas de fracaso de los implantes colocados con colgajo o sin colgajo [537].

### *FRESADO*

En el trabajo se utilizó la misma aparatología e instrumentos rotatorios que se utilizan en clínica para la colocación de los implantes dentales guiados.

Utilizamos el kit Raptor de Bioparts con el procedimiento recomendado para los grupos 1 y 2. Y el instrumental tradicional para la cirugía convencional no guiada por ordenador del grupo 3.

En las perforaciones realizadas en el trabajo, así como en la colocación de los implantes, se tuvo precaución y meticulosidad en fresar de manera vertical sin lateralidades que podrían condicionar la pérdida de precisión y estabilidad. Se obtuvo una conducción ajustada para adquirir la inmovilidad macroscópica de los implantes dentales.

La cirugía guiada permite el realizar los movimientos recomendados de entrada y salida de la fresa para su correcta refrigeración. Las anillas cilíndricas ayudan a poder realizar completamente estos movimientos de entrada y salida, manteniendo sin problema la

orientación de la perforación. El metal de la guía también se refrigera y colabora en mantener la temperatura adecuada en la perforación.

### *Perforación controlada*

Uno de los problemas que pueden contribuir a un éxito de la osteointegración de los implantes dentales es minimizar el trauma físico al tejido óseo. El protocolo de perforación es esencial para el resultado [46]

#### Temperatura

El aumento de temperatura superior a 47 ° durante un minuto en el hueso compromete la regeneración ósea por lo que se deben desechar las fresas desgastadas con baja calidad de corte [4].

De acuerdo con Quirynen y cols., como consecuencia de osteotomías con sobrepreparación o sobrecalentamiento, puede aparecer lesiones de periimplantitis retrógrada que se puede detectar como radiolucencias en radiografías periapicales hasta un mes después de la inserción [547].

Se han publicado artículos anunciando nuevos diseños de fresas para evitar el sobrecalentamiento del hueso en cirugía guiada [256]. El diseño de las fresas es importante: la punta debe de ser cortante con un diseño que facilite el control; los bordes de las hélices deben de ser romos eliminando el corte lateral y consecuente calentamiento; el diseño de las hélices tiene el paso rectilíneo sin espiras para facilitar la llegada de la irrigación a la punta.

Mientras se prepara con la perforación el lugar para insertar el implante, debe de evitarse el sobrecalentamiento del hueso circundante debido a la acción de las fresas durante la perforación, ya que puede causar necrosis óseas locales a través del deterioro del componente orgánico del hueso [538].

Esta situación puede tener una implicación directa en el proceso de osteointegración, influyendo en la tasa de pérdida ósea del implante y la supervivencia del implante [539].

El exceso de carga puede causar la aparición de microfracturas en el hueso, que afectan la estabilidad; mientras que el exceso de velocidad podría generar un aumento en la temperatura del hueso, y en consecuencia su necrosis.

El Profesor Albrektsson y sus colegas sugirieron que el éxito de la osteointegración depende de seis factores: biocompatibilidad del implante, diseño, superficie, estado de del huésped, técnica quirúrgica y condiciones de carga [255]. Estos son causados principalmente por características físicas del hueso en sí, que tiene muy baja conductividad térmica, que evita la disipación del calor durante la perforación. Además, la estructura interna del hueso tiene importancia para determinar la reacción al estrés por calor. De hecho, se sabía que el hueso medular, debido a su mayor vascularización, tiene una mayor capacidad de disipar el calor que el hueso cortical.

Puede ser beneficioso el limitar la profundidad total de la osteotomía en el hueso cortical denso previniendo la microfractura y la necrosis por compresión, así como la eliminación de los restos de la perforación.

#### *Irrigación*

Misch recomienda usar irrigación externa y / o interna, con solución salina fría, presión intermitente en las fresas, haciendo una pausa cada 3 a 5 segundos, entrando y saliendo de manera gradual [195].

De acuerdo con Augustin y cols., el parámetro más influyente para limitar el aumento de temperatura en el hueso durante la preparación del sitio del implante es la irrigación, ya sea interna o externa [541,542].

Varios estudios confirmaron que al usar cualquier tipo de irrigación, la temperatura del hueso permanece por debajo de la temperatura crítica [538].

#### *Velocidad*

Varios investigadores han estudiado el efecto de la velocidad de perforación en el aumento de la temperatura en el hueso durante la perforación <sup>[543]</sup>.

La instrumentación debe de ser realizada respetando la secuencia de fresas de aumento de diámetro progresivo, a una velocidad de 400 a 800 rpm dependiendo de la calidad ósea con movimiento de entrada y salida de la fresa con irrigación constante para evitar el sobrecalentamiento. En fresas más gruesas se recomienda una velocidad inferior a 500 rpm. En la práctica dental, la velocidad de perforación viene recomendada por el fabricante del sistema de implantes; y la fuerza de perforación depende de las sensaciones del Odontólogo.

Diámetro de la perforación

Los kits de la cirugía guiada normalmente vienen preparados para colocar implantes hasta 4mm., de diámetro; y la fresa de mayor diámetro es la de 3,3mm.

Los resultados experimentales muestran que el diámetro del fresado es el parámetro más significativo que afecta a la temperatura durante la perforación. Seguido de velocidad de corte y avance, respectivamente <sup>[539]</sup>.

La fresa de 3,3mm., prácticamente no aumenta la temperatura de fresado en relación a la de 3mm., y la fresa de 3,8mm., sí que la aumenta considerablemente.

En el año 2016, los Dres. Valerija Bogovič, y Andrej Svete, Profesores del Laboratorio de Mediciones del Laboratorio de Procesos de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Ljubljana, Slovenia, y cols., presentaron nuevos hallazgos relacionados con el aumento de temperatura durante la perforación del sitio del implante en condiciones reales en un espécimen de hueso de costilla bovino <sup>[540]</sup>.

Se determinaron los principales efectos del diámetro de perforación, en combinación con la fuerza de perforación y la velocidad de perforación; y sus interacciones en el aumento de la temperatura.

El aumento de temperatura en el hueso en condiciones reales, se midió cuando el sitio del implante estaba siendo preparado por un Odontólogo, usando perforación intermitente, graduada e irrigación externa.

Los resultados muestran que el simulacro, el diámetro tiene un efecto estadísticamente significativo, independientemente del procedimiento de perforación utilizado.

Entre los parámetros de perforación examinados, el mayor diámetro de la fresa causa aumento de la temperatura <sup>[540]</sup>. Varios estudios mostraron que el diámetro de la fresa tiene un efecto significativo en el aumento de la temperatura aumento en el hueso durante la perforación <sup>[544]</sup>.

En un estudio, el objetivo era presentar nuevos hallazgos relacionados con el aumento de la temperatura en el hueso en condiciones reales, durante la perforación del sitio del implante, donde el sitio del implante la preparación fue realizada por un dentista usando perforación intermitente, graduada con irrigación externa <sup>[545]</sup>.

Los experimentos fueron diseñados con la ayuda de 33 bloques completos aleatorizados, donde se determinaron los principales efectos del diámetro de la broca en combinación con la fuerza de perforación y la velocidad de perforación, y sus interacciones con el aumento de la temperatura.

El aumento en el diámetro de la fresa de 3,0mm., a 3,4mm., causa una disminución en el aumento de temperatura máximo debido al atasco de viruta en las ranuras de perforación al perforar con el diámetro de fresa más pequeño.

Por otro lado, el aumento de diámetro de 3,4mm., a 3,8mm., provoca el aumento de la temperatura máxima debido a la superficie de contacto más grande entre la fresa y el hueso y por lo tanto más alta energía aplicada para cortar el hueso.

El aumento de la temperatura es mayor entre el paso de 3,4mm., y 3,8mm., que entre 3,0mm., y 3,4mm.

El más grande efecto de interacción en el aumento de temperatura máxima durante la perforación, la tiene el diámetro de la fresa en combinación con la velocidad de perforación y la fuerza de perforación.

#### Perforación única

Aunque se han realizado diferentes estudios sobre la perforación como el Johansson y Strid, que desarrollaron la medición del torque de corte durante la preparación de la



osteotomía a bajas revoluciones, permitiendo medir la resistencia que ofrece el hueso al trabajo del instrumento de mano rotatorio [257,258]; no hay evidencia en la literatura en el protocolo de perforación óptima que daría como resultado una osteointegración exitosa en la realidad clínica.

En el año 2013, Sergio Alexandre Gehrke, director de Biocenos Research Center, Santa Maria, Brasil, y profesor de la Universidad Católica de Montevideo, Uruguay y cols., realizaron un estudio que tenía como objetivo probar la hipótesis de que no existen diferencias en la variación de temperatura al usar una única fresa para la preparación del implante en comparación con la secuencia de perforación convencional utilizando múltiples fresas con diámetro incremental [538].

Se usaron bloques sintéticos de hueso de densidad tipo I para procedimientos de perforación. Se evaluaron tres grupos:

En el grupo 1 y grupo 2, se realizó el fresado con tres fresas consecutivas para un implante cilíndrico de 4,1mm., y para un implante cónico de 4,3mm., respectivamente.

En el grupo 3, se utilizó una sola fresa para un implante cónico de 4,2mm.

Para cada grupo, se realizaron 20 procedimientos de perforación sin irrigación y 20 con irrigación externa.

Los grupos 1 y 3 arrojaron resultados similares, mientras que el grupo 2 mostró un aumento de temperatura significativamente más alto que los otros dos grupos.

Concluyeron que el protocolo de perforación con una sola fresa no produjo un mayor calentamiento óseo que el protocolo convencional y puede ser considerado un procedimiento seguro.

Ercoli y cols., informaron que la temperatura fue dañina solo cuando la perforación era continua o cuando la fresa alcanzó más de 15mm., durante 5 osteotomías [546].

### *TORQUE DE INSERCIÓN*

En el trabajo se utilizó el instrumental del kit Raptor para la inserción de los implantes dentales en las perforaciones. En el software aparece la densidad ósea por lo que podemos planificar como perforar para lograr el torque adecuado.

Se utilizó subinstrumentación en el tercio apical para lograr mejor estabilidad primaria, aunque al tratarse de modelos prototipados no era un objetivo determinado y condicionante para el estudio de precisión. En caso de hueso de poca densidad, se recomienda el uso de fresas con diámetro menor que el último recomendado para el implante (subinstrumentación) para obtención de estabilidad primaria <sup>[42]</sup>.

Para Maló y cols., y Drago y cols., el torque de inserción mínimo ha de ser de 30- 35 Ncm. <sup>[259]</sup>.

Neugebauer y cols., consideran que éste ha de ser de 35Ncm., mientras que Hui y Horiuchi aumentan el torque de inserción mínimo para el éxito en carga inmediata a 40Ncm. <sup>[260-263]</sup>.

El instrumento Periotest<sup>®</sup> fue diseñado por Schulte y cols., en 1983 para medir la movilidad dentaria <sup>[265] [266] [267] [268]</sup>.

El análisis de la frecuencia de resonancia (Osstell, Göteborg, Suecia) es un método no invasivo desarrollado para cuantificar la estabilidad del implante analizando la interface hueso-titanio <sup>[269]</sup>.

### *Micromovimientos*

El implante se estabiliza pasivamente en la herida ósea a través de la fricción con los contactos primarios de hueso <sup>[25]</sup>. Es fundamental la estabilidad primaria.

Movimientos superiores a 150µm., pueden comprometer la osteointegración <sup>[4]</sup>.

Aunque los micro movimientos son normales en un diente natural, la eliminación de las estructuras del periodonto, en el caso de un implante dental, da lugar a que los micro movimientos sean indeseables <sup>[8]</sup>.

Micro movimientos por encima de los 100µm., son suficientes para poner en peligro el contacto directo del hueso con el implante y se ha reportado que micro movimientos mayores a 150µm., pueden causar la formación de tejido fibroso alrededor del implante que impide la adecuada formación de hueso y por lo tanto la osteointegración.

Kawahara y cols., consideran que la magnitud de los micromovimientos inferior a 30 micras no influye negativamente en la osteogénesis y crecimiento óseo alrededor del implante <sup>[270]</sup>.

Por su parte, Ibáñez y cols., toleran en su estudio una magnitud de unas 100 micras <sup>[270]</sup>. Duyck y cols., refieren la mayor creación de volumen óseo en implantes de carga inmediata en ausencia de micromovimientos o con micromovimientos de 90 micras; así como una mayor densidad ósea cuando las fijaciones sufren micromovimientos de 60-90 micras <sup>[271]</sup>.

En hueso blando, los micromovimientos pueden ser importantes; por lo tanto, la carga inmediata de implantes en huesos de baja densidad debe ser evaluada con cuidado <sup>[272]</sup>.

## *ESTABILIDAD PRIMARIA*

En el trabajo se consiguió la estabilidad primaria macroscópica in vitro necesaria para realizar el estudio de precisión.

La estabilidad primaria se define como la resistencia y rigidez de la unión hueso-implante antes de producirse la osteointegración [274]. Se considera una necesidad mecánica para evitar el micromovimiento inicial en la interface hueso-implante.

Va a depender de tres factores: el diseño del implante, el procedimiento quirúrgico utilizado y de la densidad y dureza conseguida por la aposición ósea durante la cicatrización periimplantaria [42].

La estabilidad primaria va a estar directamente relacionada con el torque de inserción o fuerza de roscado [275].

El tratamiento de superficie de los implantes no tiene una influencia directa en la estabilidad primaria [276].

Se observó una relación estadísticamente significativa entre la densidad de la calidad del hueso y la integración [277].

Sin embargo, estos protocolos clínicos de carga inmediata en el paciente edéntulo, exigen una toma de decisiones con un enfoque interdisciplinario donde se integren perfectamente las técnicas diagnósticas, quirúrgicas y prostodóncicas [568].

La carga funcional exige su inmovilidad por lo que la estabilidad es el factor más importante para establecer la carga [569].

El periodo de mayor riesgo para los implantes es el comprendido entre la segunda y la cuarta semana después de su colocación. En este periodo decrece temporalmente la estabilidad primaria mecánica del implante lograda mediante el atornillado al hueso porque los osteoclastos comienzan el proceso de reabsorción ósea.

La estabilidad que da la formación de nuevo hueso, en el que los osteoblastos aportan nuevos contactos óseos, no está lo suficientemente avanzada para proveer al implante de gran estabilidad secundaria.

## *DENSIDAD ÓSEA*

Con el programa informático de planificación comprobamos la densidad ósea del modelo prototipado que se mantenía lindante al tipo IV, según la clasificación de Lekholm y Zarb, en la zona medular artificial del modelo; y no llegaba a tipo III en el área correspondiente a la cortical.

En pacientes reales estos valores suelen ser algo superiores, pero esta diferencia no influye en el estudio de precisión si se realiza por un operador experimentado.

Sin embargo, el conocimiento y manejo de la densidad ósea es muy importante para conseguir la estabilidad primaria de los implantes, tanto en los modelos prototipados como, un hecho mucho más trascendente es, en los pacientes <sup>[529]</sup>.

Con la planificación, el cirujano implantológico, no solamente puede elegir la anchura y longitud de los implantes más adecuados para cada caso individual, sino también el diseño macro y microscópico mejor, según la estructura más o menos porosa del hueso receptor <sup>[7,533,534]</sup>. Esto permite predecir, en el momento de la planificación, la estabilidad primaria de los implantes y así elegir las zonas óptimas para su colocación. <sup>[143]</sup>

La densidad ósea es información crucial de apoyo para la decisión de la selección del implante y la técnica quirúrgica a utilizar <sup>[531,532]</sup>, mejorando la planificación de tratamiento <sup>[448]</sup>.

El software nos permite explorar la densidad ósea antes de la cirugía en unidades HU de Hounsfield <sup>[448,530]</sup>, para que el profesional elija previamente el tipo de fresado e instrumentación más adecuado; así como el modelo de implantes más recomendable para mejorar su estabilidad primaria <sup>[101]</sup>.

La correlación entre las diferentes escalas obtenidas por la Tomografía Computarizada y la densidad del hueso previa a la inserción de los implantes, ha sido demostrada mediante estudio histomorfométrico o estudio de la estructura microscópica de los tejidos <sup>[533]</sup>.

Actualmente en el ámbito odontológico, específicamente en el área de implantes dentales, se describe a la tomografía como una excelente herramienta para la evaluación de la

relación distribución de hueso compacto y esponjoso, mediante la cuantificación de unidades HU de Hounsfield [535].

Misch y cols., consideran que en el hueso tipo IV es 10 veces más débil que el tipo I [278,279]. Rocci y cols., asocian el fracaso de varios implantes, entre otras causas, a la colocación de los mismos en hueso blando [280]. Vanden Boagaerde y cols., afirman que, en zonas de baja densidad ósea, es fundamental el logro de una gran estabilidad primaria para conseguir éxito [281-285]. Ibáñez y cols., consideran que la calidad ósea no es tan importante como se creía, especialmente al utilizar implantes de superficie rugosa [255,286]. Por su parte, Glauser y cols., consideran que los defectos óseos son un factor de riesgo importante [287,288].

#### *DISEÑO DE LOS IMPLANTES PARA LOGRAR LA ESTABILIDAD PRIMARIA*

Los implantes que utilizamos en el estudio son todos iguales en diámetro, longitud y fabricante. Son de cuerpo cilíndrico con roscas hasta arriba y punta cónica; ideales para su colocación guiada y la posible subinstrumentación para buscar la estabilidad primaria en todo tipo de hueso; o en este caso modelos prototipados.

Los resultados descritos en la literatura muestran que los nuevos diseños de implantes mejoran la estabilidad primaria en huesos de baja densidad y distribuyen mejor las cargas biomecánicas [42].

#### *Punta cónica*

La utilización de diseños cónicos, permiten la permanencia del espesor óseo mínimo de 1,5mm. alrededor del implante y evitan las fenestraciones y dehiscencias [42].

O'Sullivan y cols., realizaron un estudio in vitro en hueso humano de cadáver para valorar y comparar un diseño con punta cónica con doble espira (Mk IV, Nobelbiocare) con dos diseños cilíndricos de paredes rectas (Osseotite, 3i; TiOblast, Astra-Tech).

Se observaron datos significativamente mayores tanto en el torque de inserción como en la medición de frecuencia de resonancia, para el implante cilíndrico con punta cónica, en comparación a los dos implantes cilíndricos <sup>[42]</sup>.

Payne y cols., realizaron un seguimiento de 1 año en 10 pacientes a los que se colocaron dos implantes autorroscentes con punta cónica y componentes transmucosos, Nobelbiocare en el sector anterior mandibular, cargados inmediatamente rehabilitados con sobredentaduras retenidas por bolas a las 2 semanas.

El índice de éxito fue del 100% observándose pérdidas de cresta ósea similares a las encontradas en los procedimientos de carga convencionales <sup>[42]</sup>.

### *Diámetro*

En un estudio con implantes del mismo fabricante, anteriores a los que ahora nosotros utilizamos, se determina que el diámetro de implante estándar promueve mejor distribución del estrés que los implantes estrechos <sup>[306]</sup>. Se utilizaron implantes Osteofit de 13mm., de largo por 2,5, 3,3 y 3,75 de diámetro.

Además, las coronas ferulizadas presentaban una distribución del estrés más uniforme que las coronas individuales. Finalmente, la carga oblicua mostró una mayor concentración de tensión e intensidad que la carga axial para todos los grupos.

Lekholm afirmaba que cuanto más largos y mayor diámetro tengan los implantes, mejores resultados se obtendrán <sup>[9]</sup>.

Sin embargo Degidi y cols., consideran que los implantes de mayor diámetro suponen un mayor riesgo de fracaso <sup>[307]</sup>.

Xi Ding, comenta que muchas observaciones clínicas han demostrado que la carga inmediata está indicada cuando la estabilización del hueso / implante es óptimo y cuando las cargas estimadas no son excesivamente altas <sup>[308]</sup>. Realizó un análisis mecánico utilizando de elementos finitos para evaluar el efecto del diámetro y la longitud en la distribución del estrés y la tensión de la cresta ósea alrededor de los implantes bajo carga inmediata. Los diámetros de los implantes variaron de 3,3 a 4,8mm., y la longitud varió desde 6 a 14mm.

El análisis biomecánico proporcionó resultados que la carga oblicua induciría una tensión en la interfase significativamente más alta que la carga vertical.

Los valores máximos de estrés se encontraron en el implante de 3,3 de diámetro y 10mm., de longitud, con diferencias estadísticas significativas.

El segundo máximo fue el de 4,1 y 6mm., de longitud. Las tensiones mínimas se registraron en los de 4,8 y 10mm., de longitud.

Concluyen que al aumentar el diámetro y la longitud del implante disminuyó el estrés y la tensión en la cresta alveolar, y los valores de esfuerzo y deformación aumentaron notablemente bajo la carga bucolingual en comparación con la carga vertical, pero el diámetro tuvo un efecto más significativo que la longitud para aliviar el estrés crestal y la concentración de tensión.

#### *IMPLANTES DE CONEXIÓN CONO MORSE CILÍNDRICO-CÓNICOS CON MICRO ROSCAS*

Los implantes que usamos normalmente en cirugía guiada son de conexión de cono morse, con cambio de plataforma, con micro roscas, que evitan la clásica pérdida ósea posterior a la inserción de los implantes.

Aunque en la bibliografía aparecen casos clínicos con implantes totalmente cónicos de una pieza <sup>[614]</sup>. o de hexágono externo con plataforma; para poder ser guiados por las anillas, cumpliendo los requisitos de precisión, el implante debe de tener forma cilíndrica y una serie de características con el objetivo de lograr la estabilidad primaria tanto en hueso de alta densidad como en huesos de baja densidad, con un perfil de rosca especial en la punta cónica del implante con el fin de que la fijación no sea igual de agresiva en toda su longitud, sino que actúe como un osteótomo condensando el hueso.

El diseño con doble o triple espira que hace que aumente la distancia entre el paso de rosca que se ancla en el hueso con lo cual se elimina menos hueso, también reduce el tiempo de inserción de la fijación, reduce el calor generado, y aumenta el torque de inserción en huesos de baja densidad. Sin embargo, la existencia de menos roscas puede aportar un peor resultado a la hora de distribuir el estrés biomecánico al hueso adyacente y además existiría menor posibilidad de estabilidad primaria <sup>[42]</sup>.



### *Pérdida ósea*

En la literatura más antigua, se avaluó ampliamente la pérdida de la altura del hueso vertical a lo largo del tiempo radiográficamente. En general, los implantes presentaban pérdida ósea importante en el primer año después de la colocación, seguido de disminución importante de pérdida ósea a través de las revisiones posteriores [227].

Una vez que se descubre un implante en la segunda fase quirúrgica, se visualiza la pérdida vertical de hueso de 1,5 a 2mm. [196].

Sin embargo, podemos preguntarnos por qué se produce este fenómeno, observándose incluso en algunos casos pérdidas de 3mm., antes de someter a los implantes a carga; y lo que es más importante: el por qué hay que asumir como normal o no esta pérdida [42].

Kim publicó tras un estudio que no hubo diferencia significativa entre implantes con el cuello cónico y recto en términos de pérdida ósea marginal después de 1 año de carga [289].

Nuestro estudio es transversal e in vitro por lo que no se puede valorar la pérdida ósea con el tiempo, que ya se describía como predecible desde el inicio de la difusión de los implantes dentales.

### *Aflojamiento y fracturas*

Los implantes utilizados en el estudio y en nuestra clínica están diseñados para que no se produzcan aflojamientos con consecuentes fracturas.

En el año 2013, Celia Sánchez Acedo del Servicio de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital Universitario de La Princesa, Madrid, Luis Naval Gías del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial de la Universidad de Navarra, Pamplona, y cols., realizan un estudio clínico y analítico sobre el riesgo de fractura implantaria en relación con el diámetro y la plataforma del implante en una serie de 33 casos [273].

En los implantes de hexágono externo la línea de fractura suele ser perpendicular al cuerpo implantario, justo donde termina el tornillo protésico ya que es la zona más débil de menor grosor de titanio. Las fracturas suelen estar precedidas de episodios de aflojamiento.

En los implantes de conexión interna puede haber fisuras que siguen un trayecto paralelo al cuerpo implantario, de forma diferente a como sucede en las fracturas de conexión externa. También suelen estar precedidas por episodios de aflojamiento.

Los autores comentan que la fractura suele ser una complicación rara, con una incidencia baja según la literatura (alrededor del 1%), y su etiología es multifactorial.

La incidencia de fractura en el estudio fue del 0,72%.

#### *Cuello del implante*

Ya en el 2002, Tae-Ju Oh del Departamento de Periodoncia de la Escuela de Odontología de la Universidad de Michigan, Ann Arbor, MI, USA, y cols., mencionan que el éxito de los implantes dentales es altamente dependiente en la integración entre el implante y el tejido duro / blando [228].

Siguiendo una hipótesis del "desuso" en el hueso crestral, se establecería que incluso sin cargas patológicas, en el caso de diseños con cuello pulido, en esa zona no existiría una suficiente unión hueso implante para distribuir las fuerzas; lo que originaría un fenómeno de desuso de esa zona induciendo una reabsorción [42].

Jung y cols., realizan un estudio clínico midiendo radiográficamente la pérdida ósea crestral, en implantes con diferentes anchuras del cuello pulido entre 1 y 4,5mm., observando una correlación entre la mayor anchura del cuello y mayor reabsorción ósea. Observaron que más del 50% de la pérdida ósea ocurría en los primeros 3 meses [574].

En un estudio, se observó menos pérdida ósea periimplantaria alrededor de los implantes con microrroscas colocadas hasta la parte superior del implante en comparación con aquellos en los que no llegaban a la parte superior. Estos resultados indicaron que las microrroscas actuaron para estabilizar el hueso marginal periimplantario y jugaron un papel importante en la estabilización del proceso [290].

En el 2006, Ingemar Abrahamsson y Tord Berglundh del Departamento de Periodoncia, del Instituto de Odontología, Academia Sahlgrenska, de la Universidad de Göteborg, Suecia, realizaron un estudio para analizar las reacciones del tejido óseo en los implantes con y sin un microrroscas hasta la parte superior del cuello <sup>[291]</sup>.

En seis perros Beagle, se instalaron dos tipos de implantes a cada lado de la mandíbula. Los implantes de prueba tenían un diseño con configuración de microrroscas a diferencia del grupo control.

Ambos tipos de implantes tenían el tratamiento de superficie TiOblast™ (Astra Tech AB), un diámetro de 3,5mm., y 8mm., de largo y todos se colocaron a nivel crestal.

La conexión del pilar protésico se realizó después de 3 meses.

Después de otros tres meses se cementaron las dentaduras parciales fijas.

Diez meses más tarde, los animales fueron sacrificados y se procesaron biopsias de la región de cada implante para el análisis histológico. Se obtuvieron radiografías tras la colocación de los implantes y después de la conexión protésica al finalizar el experimento.

El examen radiográfico reveló que el nivel de hueso marginal estaba bien preservado tanto en el grupo de prueba como en el de control durante todo el período de 16 meses.

El grado de contacto hueso-implante en la porción marginal de los implantes fue significativamente más alto en los implantes de prueba con micro-roscas (microthread) (81,8%) que en los implantes de control (72,8%).

Como consecuencia se apuntó que la configuración de micro-roscas ofrecía mejores condiciones para la osteointegración.

En el 2008, Jason Schrotenboer de la Escuela de Odontología de la Universidad de Michigan, Ann Arbor, MI., estudió el efecto de las microrroscas en la plataforma para el estrés del hueso crestal <sup>[242]</sup>. Realizó un análisis de elementos finitos. Comprobó que las micro roscas aumentan el estrés crestal al cargarse. Pero cuando se aplicó el concepto de cambio de plataforma disminuyendo el diámetro del pilar, menos estrés fue traducido al hueso crestal en los implantes con micro roscas en comparación a los modelos de cuello liso.

En el 2014, Manisha G Herekar del Departamento de Prostodoncia e Implantología del Instituto Maratha Mandals del Centro de Investigación y Ciencias Odontológicas,

Belgaum, Karnataka, India, y cols., estudian la influencia de la geometría de las roscas en la transferencia de carga biomecánica al hueso [233]. Comentan que la influencia de las micro roscas en el cuello ha mostrado resultados favorables de la distribución del estrés al hueso circundante.

En 2015, Tolga Topkaya, del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de Batman, Turquía, y cols., comentan que el éxito de los implantes dentales está relacionado con la calidad, cantidad de hueso, diseño de implantes y técnica quirúrgica [230].

En el 2015, Markel Dieguez Pereira, del Posgrado de Especialista Universitario en Implantología Oral del Departamento de Estomatología de la Universidad del País Vasco realizaron una revisión sistemática para evaluar los distintos diseños en el cuello del implante (pulido o tratado, con o sin intercambio de plataforma, o con o sin microespiras) y su posible influencia en la pérdida del hueso marginal periimplantario [232]. No se encontró evidencia de que una determinada configuración del cuello del implante sea mejor que otra en la conservación del hueso marginal periimplantario y, sin embargo, parece que una posición apico-coronal yuxtaósea del cuello pulido del implante respecto a la cresta ósea receptora pudiera ser crítica a ese respecto.

En el 2017, Xingchao Li y Fusheng Dong del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital de Estomatología de la Universidad Médica de Hebei, Shijiazhuang, China, realizan un estudio que tiene como objetivo investigar la influencia de diferentes estructuras del cuello en la distribución del estrés del implante [234]. Según los autores, los implantes con cuello con micro roscas exhibieron una menor carga en el hueso cortical que aquellos con cuello liso cuando se aplicaron cargas horizontales y oblicuas.

En 2018, Dae-Hyun Kim del Departamento de Periodoncia, Instituto de Investigación Dental, Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Seúl, y cols., publican un estudio retrospectivo con 4-12 años de seguimiento con el propósito de comparar la pérdida ósea marginal entre la conexión externa y la conexión interna de implantes

dentales en áreas posteriores sin enfermedad periodontal o periimplantaria en los dientes o implantes adyacentes [292].

Todos los implantes que se incluyeron tuvieron períodos de seguimiento de más de 4 años después de la carga y cumplieron los criterios de éxito de los implantes, sin enfermedad periimplantar o periodontal en los implantes o dientes adyacentes.

De un total de 355 implantes en 170 pacientes (206 de conexión externa y 149 de interna), la pérdida ósea marginal promedio fue de 0,47mm., y 0,15mm., en los implantes de conexión externa e interna, respectivamente, que fue una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ).

Informaron de que la longitud del pilar podría influir en la pérdida ósea marginal y que los pilares cortos de menos de 2mm., mostraron más pérdida ósea marginal; por lo que la longitud del pilar debería haber sido tomado en cuenta como un factor contribuyente.

#### *Cambio de plataforma*

En nuestro trabajo hemos usado implantes infracrestales de conexión de cono morse con cambio de plataforma.

La ausencia de un interfaz implante-pilar (microgap) se asocia con una pérdida ósea crestral mínima [295]. La alta estabilidad mecánica reduce significativamente las complicaciones protésicas.

Todos los trabajos escritos por diferentes investigadores muestran una mejora con los implantes de cambio de plataforma en la preservación ósea periimplantar y resultados estéticos satisfactorios [293].

En un estudio, se presentó una tendencia hacia una menor prevalencia de periimplantitis con Implantes de cambio de plataforma [294].

Según Kumar, el cambio de plataforma permite una mejor extensión horizontal de la anchura biológica [235]. Mantiene los tejido duros y blandos y con ello la predictibilidad del tratamiento.

El peldaño o cambio de plataforma que aleja el posible gap del contacto óseo, también contribuye a mantener el ancho y la altura del hueso crestral entre implantes adyacentes y también limita la pérdida de hueso circunferencial [237].

Según Meloni, la cirugía guiada y la carga inmediata parecen representar una opción viable para las rehabilitaciones inmediatas de mandíbulas completamente edéntulas con restauraciones fijas con implantes con medias de poca reabsorción ósea [238].

En el 2008, Luigi Baggi, de la Facultad de Odontología y Escuela de Ingeniería Médica de la Universidad de Tor Vergata, Roma, Italia, estudiaron como la geometría y el diseño del implante, en términos diámetro y longitud del implante, pueden afectar a los mecanismos de transmisión de carga crestal [229]. Bajos niveles de pérdida ósea se vieron asociados clínicamente con el cambio de plataforma.

En el 2009, Hagiwara comenta que en ese momento había un número limitado de informes sobre el cambio de plataforma y la evidencia científica sobre este tema tenía falta de cantidad y calidad [296].

En el 2009, C. Mangano del Departamento de Ciencias Dentales de la Universidad de San Rafael de Milán, Italia, y cols., evaluaron la tasa de supervivencia y el éxito clínico, radiográfico y protésico de 1920 implantes de conexión de Cono Morse [297].

Se insertaron los implantes en 689 pacientes consecutivos, desde enero de 2003 hasta diciembre de 2006. Los implantes fueron evaluados clínica y radiográficamente a los 12, 24, 36 y 48 meses después de la inserción (seguimiento medio por implante: 25,42 meses). Los criterios de éxito incluyeron la ausencia de supuración y la movilidad del implante clínicamente detectable, la ausencia de complicaciones protésicas recurrentes en el implante-pilar interfaz.

Las restauraciones protésicas fueron prótesis parciales fijas (364 unidades), coronas individuales (307 unidades), prótesis fijas de arcada completa (53 unidades) y sobredentaduras (67 unidades).

La tasa de supervivencia acumulada general de los implantes fue del 97,56% (96,12% en el maxilar superior) y 98,91% en la mandíbula).

Solo se produjeron unas pocas complicaciones protésicas (0,65% de aflojamiento en la interfaz implante-pilar).

Terminaron concluyendo que el uso de los implantes de conexión de Cono Morse representa un procedimiento exitoso para la rehabilitación de arcadas parciales y completamente edéntulos.

En el año 2009, Laura López-Marí del Máster en Implantología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Murcia y cols., habiendo revisado la literatura disponible, llegaron a la conclusión de que el cambio de plataforma o “platform switching” es capaz de reducir o eliminar la pérdida ósea crestal una media de 1,56mm.  $\pm 0,7\text{mm}$  [236].

En un estudio publicado en el año 2010, de Ryan Donovan del Departamento de Periodoncia de Facultad de Odontología de Universidad de Florida, Gainesville, con implantes de cono morse, se informó de una mínima pérdida de tejido duro mineralizado alrededor de los implantes dentales colocados no sumergidos y en posiciones subcrestales [239]. Y, además, en la mayoría de estos implantes había habido un crecimiento de tejido óseo extendido sobre los hombros del implante. No se observó fracasos de implantes, lo que resultó en una tasa de supervivencia global del 100%.

En el 2011 Carlo Mangano y cols., presentan otro estudio similar con implantes de Cono Morse, para evaluar supervivencia, el éxito de la corona implantaria y las complicaciones protésicas [298]. Colocaron 2.549 implantes en 893 pacientes desde enero de 2003 hasta diciembre del 2008. En cada revisión anual, se realizó análisis clínico, radiográfico y se evaluaron los parámetros protésicos.

Los criterios de éxito incluyeron la ausencia de dolor, supuración, y movilidad clínica. Las restauraciones protésicas fueron prótesis parciales (462 unidades); prótesis fijas de arcada completa (60 unidades); coronas individuales (531 unidades); y sobredentaduras (93 unidades).

La tasa de supervivencia acumulada de los implantes fue 98,23% (97,25% maxilar, 99,05% mandíbula). En coronas, el éxito fue 92,49%.

Informaron de algunas pocas complicaciones protésicas en la interfaz de pilar (0,37%).

Después de 6 años, la distancia entre el hombro del implante y el primer contacto visible con el hueso fue de 1,10mm., (- 0,30mm.).

Concluyeron que el uso de implantes de conexión de Cono Morse representa un procedimiento exitoso para la rehabilitación parcial de arcadas y pacientes completamente edéntulos.

En el 2012, en un estudio con implantes cortos de 8,5mm., concluyen un año después de la carga, los niveles óseos interproximales en región posterior se habían mantenido [299].

En el 2012, Deborah Meleo del Departamento de Tecnologías y Salud, del Instituto Superior de Sanidad, Roma, Italia, y cols., presentan un estudio realizado con la tomografía de rayos X (micro-CT) como una forma miniaturizada de tomografía axial computarizada convencional, capaz de investigar pequeños objetos radiopacos a alta resolución de unos pocos micrómetros, de forma no invasiva y tridimensional [300].

Este estudio muestra posibles aplicaciones de micro-TC en implantología dental para analizar micro características 3D del implante dental y la interfaz del pilar.

De hecho, se sabe que la inadaptación de la interface implante-pilar, aumenta el estrés de resistencia mecánica en las estructuras de conexión y el tejido óseo circundante.

Esta condición puede causar no solo el aflojamiento del tornillo sino también la fractura y problemas biológicos en los tejidos periimplantarios.

Dos superficies planas en contacto muestran menos posibilidades para distribuir la carga oclusal, especialmente las excéntricas, de una manera homogénea y multidireccional, en comparación a otra conexión como la cónica, caracterizada por una superficie de contacto que presenta también un componente vertical dentro del cuerpo del implante.

Además, es posible observar que, en otras conexiones planas, hay problemas al masticar por la carga en el tejido óseo circundante, a nivel de cresta ósea. Los esfuerzos mecánicos pueden provocar destornillamiento y fractura del tornillo, o pilar protésico.

La literatura muestra que una forma cónica tubo-en-tubo de contacto tiene un mejor sellado contra las bacterias y una mejor estabilidad mecánica.

En un estudio publicado en el 2015, se comparó dos sistemas de implantes dentales, uno con implantes que tienen un cuello biselado tipo cambio de plataforma y otro con implantes que tienen un cuello no biselado, para evaluar el nivel de soporte óseo alrededor de una corona de implante [301].

Los resultados del estudio no mostraron diferencias estadísticamente significativas en las primeras etapas de la restauración / prótesis. Sin embargo, después de 6 meses y hasta 18 meses después de la restauración, estadísticamente surgieron diferencias significativas verificando que la pérdida de hueso periimplantar en implantes con cuello biselado era menor que la que ocurre alrededor de los implantes con un cuello no biselado.



En el 2016, en un metaanálisis de la literatura desde 1950 al 2015, se muestra una tendencia que favorece la técnica de cambio de plataforma para prevenir la pérdida ósea marginal <sup>[302]</sup>

En el 2016, Mangano FG del Departamento de Cirugía y Ciencias Morfológicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de Insubria, Varese, Italia, y cols., presentan un estudio para evaluar la tasa de supervivencia, las complicaciones y la pérdida ósea marginal de los implantes de tipo cono morse de un solo diente <sup>[297]</sup>.

Entre enero del 2002 y diciembre del 2013, todos los pacientes remitidos a dos clínicas dentales para el tratamiento con implantes individuales se incluyeron en este estudio.

Los implantes se colocaron con una técnica de dos etapas. Las medidas de resultado fueron la supervivencia del implante, las complicaciones biológicas / protésicas, la pérdida ósea marginal.

Se colocaron 762 implantes en 654 pacientes (324 hombres, 330 mujeres, con edades comprendidas entre los 21-80 años, con edad media  $52,7 \pm 14,4$  años).

Dieciocho implantes (11 maxilares, mandíbula 7) fallaron, dando una tasa de supervivencia acumulada general del implante del 96,9% (basada en el paciente) y del 97,3% (basada en implantes) a los 12 años de seguimiento.

Entre los 744 implantes supervivientes, se informaron 45 complicaciones biológicas (6,0%) y 26 complicaciones protésicas (3,4%). Se observó una pérdida ósea marginal media de  $0,34 (\pm 0,27\text{mm.})$ ,  $0,46 (\pm 0,29\text{mm.})$  y  $0,83 (\pm 0,41\text{mm.})$ , respectivamente, en los exámenes de seguimiento de 1, 6 y 12 años. Concluyeron que los implantes de conexión cónica representan una buena opción de tratamiento para la rehabilitación de un solo diente a largo plazo, con altas tasas de supervivencia y baja incidencia de complicaciones.

En el 2017, Laercio Almeida de Melo del Departamento de Odontología de la Universidad Federal de Rio Grande, Natal, Brasil, realizó un estudio comparativo entre implantes de Hexágono externo y Cono Morse con sobredentaduras cargadas inmediatamente <sup>[240]</sup>. Se concluyó que hubo mayor pérdida ósea en el grupo de hexágono externo en comparación con el grupo de cono morse tras un seguimiento de 1 año.

En el 2018, el Dr. Nayak Rashmita Nayak, del Departamento de Periodoncia e Implantología Oral del Instituto de Ciencias Odontológicas, de la Universidad Siksha 'O' Anusandhan Bhubaneswar, Odisha, India, presenta un artículo en este sentido [303].

El objetivo de este estudio fue determinar los niveles de hueso marginales horizontales y verticales en implantes con cambio de plataforma comparados con implantes de continuidad de plataforma. Se colocaron 50 implantes dentales en 50 pacientes, y tras un período de 1 año después de la entrega de restauración protésica, se realizó la medición desde el hombro del implante hacia apical; y se valoró el defecto marginal horizontal con radiografías periapicales, para examinar los cambios de hueso alveolar periimplantario.

Los implantes se colocaron a las 6 semanas posteriores a la extracción del diente.

Las mediciones óseas marginales mostraron mejores resultados en los implantes con cambio de plataforma. El concepto de pérdida de hueso crestral alrededor del implante juega un papel importante para la tasa de éxito global. Concluyen que el cambio de plataforma ayuda a prevenir la pérdida de masa ósea alrededor de los implantes y por lo tanto este concepto debe ser utilizado en la práctica clínica.

*La conexión de cono morse proporciona mejor acoplamiento mecánico*

En el año 2017, Hasegawa y cols., del Departamento Cirugía Oral y Maxilofacial de la Universidad de Medicina de Kobe, Japón, y cols., realizaron un estudio con el propósito de estudiar retrospectivamente e investigar el resultados del sistema de implantes Brånemark Sistema Mk III TiUnite / Groovy colocados en pacientes del Hospital Universitario de Kobe [220]. Se investigaron la influencia de varios factores de riesgo para el fracaso del implante, incluido el acoplamiento mecánico que resultó ser factor de riesgo significativo para el fracaso de los implantes. En la misma línea, otro estudio identificó que la falta de acoplamiento mecánico entre los implantes fue predictor significativo del fracaso de los implantes [221].

## REHABILITACIÓN

La cirugía implantológica guiada presenta un mejor postoperatorio que la técnica convencional, ya que el tiempo de duración de la intervención es menor y la técnica sin colgajo ofrece unos mejores resultados clínicos, en relación al grado de inflamación y / o dolor <sup>[152]</sup>.

Un aspecto importante de los protocolos de cirugía guiada y carga inmediata es el grado de satisfacción de los pacientes con el tratamiento. La cirugía sin colgajo y la carga inmediata proporcionan un estándar de calidad muy alto al paciente edéntulo, porque le evita las complicaciones de la cirugía implantológica y el tiempo de espera de la rehabilitación protodóncica convencionales.

## ESTÉTICA Y FUNCIÓN BIOLÓGICA

Los modelos prototipados utilizados en el estudio simulan la encía con bastante semejanza macroscópica y con una consistencia similar a la real para valorar la precisión de la cirugía guiada que utiliza la guía mucodentosoportada.

En clínica los tejidos blandos juegan un papel primordial en el sellado biológico y la estética <sup>[501]</sup>.

Un estudio de Elían refiere que desde la cabeza del implante, se conseguirá una altura media de 3mm., de tejido blando cubriendo al mismo en sentido coronal <sup>[206]</sup>.

La cicatrización de los tejidos blandos periimplantarios, que incluye establecimiento de un ancho biológico periimplantario fisiológico, es importante para la función de implante a largo plazo <sup>[518]</sup>. El ancho biológico periimplantario es similar al ancho biológico alrededor de los dientes naturales y cumplen funciones de barrera de protección similares. Sin embargo, el ancho biológico periimplantar es más mayor que el ancho biológico alrededor de los dientes, principalmente debido a un epitelio de unión más profundo. La evidencia parece apuntar a una unión hemidesmosomal de las células epiteliales a la superficie del implante. Dicha unión esta propiciada por las integrinas y son uniones con la matriz o tejido conjuntivo subyacente.

La topografía y rugosidad de la superficie del implante pueden afectar la orientación de las fibras del tejido conectivo. Las fibras que se forman en superficies de implantes mínimamente ásperas aparecen principalmente paralelas a la superficie del implante, mientras que las superficies con textura, incluidas las superficies modificadas con láser, parecen promover la formación de fibras de tejido conjuntivo perpendiculares.

Los materiales del implante y pilar parecen tener efectos sobre la composición y el tamaño del ancho biológico periimplantar, así como el tipo de unión establecida entre el implante y el tejido blando circundante.

La técnica quirúrgica, en cuanto a cirugía de colgajo versus sin colgajo parece que tiene poca influencia en las dimensiones del ancho biológico y la curación de los tejidos blandos periimplantarios. La mayoría de los estudios han documentado una mayor dimensión de ancho, particularmente atribuido al aumento componente del tejido conectivo, con la colocación inmediata del implante <sup>[518]</sup>.

### *Tejido mucoso periimplantario*

En nuestro estudio, se realizaron la perforación de tejido mucoso de manera transeptelial en los grupos 1 y 2, y de la manera convencional con colgajo en el grupo 3.

Se denomina espacio biológico a la unión dentogingival, que está constituida por el epitelio de unión y el tejido conectivo de inserción de la encía.

Cuando se habla de espacio biológico no sólo se debe pensar en la altura de la inserción gingival, sino que se debe relacionar con el grosor de la encía, el biotipo periodontal y la profundidad del surco gingival, puesto que todos estos parámetros se integran, y deben ser tenidos en cuenta para comprender de manera exacta la morfología del tejido gingival supracrestal <sup>[502]</sup>.

### Sellado biológico

La cirugía guiada nos permite, no solamente planificar la colocación de los implantes dentales en función de la prótesis, sino también determinar la mejor altura de los componentes transepiteliales para el mantenimiento de los tejidos blandos.

Más que una hipótesis, es un hecho probado la importancia del sellado biológico que, en algunos casos, explicaría como razón única la pérdida de la cresta ósea marginal <sup>[503]</sup>.

En el caso de existir un espesor de mucosa menor de 3mm., el tejido blando reabsorbería el hueso hasta conseguir ese espesor, y así desarrollar el sellado biológico <sup>[504]</sup>.

La existencia del ancho biológico alrededor de los dientes, ha sido documentada en la literatura. En un estudio de Gargiulo y cols., ya en 1961 nos dieron una comprensión dimensional de la fisiología <sup>[196]</sup>.

La distancia promedio desde la base del surco hasta la cresta del hueso fue de 2,04mm. La inserción epitelial promedió 0,97mm., y la unión del tejido conectivo promedió 1,07mm., de longitud.

Otro estudio de cadáveres realizado por Vacek y cols., en 1994, confirmó la consistencia de estas dimensiones, al tiempo que muestra la fijación del tejido conectivo a un promedio de 0,77mm., y la fijación epitelial a un promedio de 1,14mm.

El hueso expuesto a la cavidad oral siempre se cubrirá con periostio y tejido conectivo. Además, el tejido conectivo siempre se cubrirá con epitelio.

Si un irritante crónico, como las bacterias, llega a la interfaz implante-pilar el hueso se reabsorberá para crear una distancia desde esta exposición crónica o área irritada.

En el año 2001, Donado Azcárate A y cols., de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid, se marcan como objetivo el valorar la reabsorción y calidad ósea periimplantaria en función del estado de los tejidos blandos que rodean al implante <sup>[505]</sup>.

Lo hicieron con la evaluación a los 3 y 5 años, del estado de los tejidos blandos periimplantarios de 139 implantes Brånemark colocados en el Máster de implantes de la Facultad de Odontología de Madrid, aplicando los patrones periodontales clásicos, y se analizó la posible influencia de éstos sobre los resultados radiográficos previos.

Comentan que todos los profesionales aceptan la importancia que los tejidos blandos periimplantarios tienen sobre la función y estética de las prótesis implantosoportadas

aportando el volumen adecuado evitando la inflamación gracias a la presencia de una cantidad mínima de mucosa queratinizada.

Manifiestan que algunos de los parámetros estudiados como la higiene, la profundidad de bolsas o la cantidad de encía insertada no parecen por sí solos tener una relación directa con la función de anclaje del implante. No ocurre lo mismo con la inflamación, que sí parece influir a largo plazo (5 años) provocando una menor calidad y mayor reabsorción. También encontraron en la muestra, correlación entre el nivel de higiene y el sangrado en el sondaje realizado en los surcos periimplantarios, de forma que hay mayor índice de gingivitis en aquellos implantes con peor higiene.

Comprobaron que existía una correlación significativa entre el nivel de higiene y la cantidad de encía insertada, de tal modo que aquellas localizaciones con un menor nivel de higiene, presentan también una menor cantidad de encía insertada.

Este hecho se corroboraba estableciendo la correlación entre la existencia de sarro en los pilares transmucosos y la cantidad de encía insertada, la cual también resulta significativa; de modo que en aquellos pilares con presencia de tártaro la cantidad de encía insertada es menor.

También encontraron correlación entre el nivel de higiene y el sangrado en el sondaje realizado en los surcos periimplantarios, de forma que hay mayor índice de gingivitis en aquellos implantes con peor higiene. Se producen con mayor frecuencia signos de gingivitis en aquellas bolsas más profundas.

Cuanto mayor era la cantidad de encía insertada mayor era la profundidad de la bolsa.

Se comprueba en el estudio que aquellos implantes con mayor cantidad de encía insertada son los que han sufrido una mayor reabsorción marginal a los 3 años ( $p=0,04$ ). A los 5 años, aunque esta tendencia se mantiene, no resulta estadísticamente significativa.

De su estudio concluyen que no parece que algunos de los parámetros encargados de evaluar el estado de los tejidos blandos periimplantarios tengan por separado influencia sobre la pérdida y calidad ósea en torno al implante.

Pero si comprobaron estadísticamente en la muestra que la combinación de algunos de ellos tiene como consecuencia la presencia de inflamación y que en estos casos sí se establece dicha relación.

El análisis histológico del ancho biológico que rodea a los dientes ofrece información sobre por qué se reduce el suministro de sangre después de la extracción del diente y la colocación del implante [506].

#### Biotipo

Existe una relación muy fuerte entre la proporción del ancho/largo del incisivo central superior y el tipo de fenotipo periodontal que las personas presentan [507].

Hay dos tipos principales de fenotipos, grueso y delgado, pero a su vez hay niveles intermedios. Los pacientes con fenotipos periodontales gruesos son propensos a desarrollar bolsas periodontales mientras que los pacientes con fenotipos delgados desarrollan recesiones gingivales.

En el 2003 Joseph Y.K. Kan, del Centro de Prostodoncia e Implantología de la Escuela de Odontología de la Universidad de Loma Linda y cols., comentan que se habían realizado intentos para evaluar la dimensión biológica de los implantes osteointegrados; sin embargo, la mayoría eran estudios histológicos en animales [205].

El efecto del soporte de tejidos blandos de los dientes adyacentes en la dimensión interproximal de la mucosa periimplantaria para implantes anteriores individuales no se había abordado. Este estudio valoró clínicamente las dimensiones de la mucosa periimplantar en implantes colocados en 2 etapas en la zona del maxilar superior anterior en humanos, después de 1 año de funcionamiento.

También se examinó la influencia del biotipo periimplantar.

Intervinieron en el estudio cuarenta y cinco pacientes (20 hombres y 25 mujeres) con una edad media de 47,3 años. Se evaluaron las coronas sobre implantes con un tiempo funcional medio de 32,5 meses (rango, 12 a 78).

El biotipo periimplantar fue evaluado y categorizado como grueso o delgado.

La dimensión promedio del complejo dentogingival en el aspecto facial se ha demostrado que es de 3mm., mientras que una dimensión de 4,5mm., se observó en la parte interproximal de los dientes naturales. Esta diferencia se puede atribuir a la presencia de dientes adyacentes y el tamaño de la tronera gingival.

Si se retira el soporte del diente adyacente, la dimensión dentogingival interproximal (4,5mm) se puede colapsar a una dimensión similar a la del dentogingival facial (3mm.). Es importante conocer este aspecto del complejo dentogingival y su variación para equilibrar predeciblemente el requisito fisiológico y la demanda estética de restauraciones en dientes naturales en la zona estética.

Para implantes individuales anteriores, se reporta hasta un 16% de recesión gingival.

Por otro lado, El rebote espontáneo de la encía retraída también se ha observado después de algunos años de funcionamiento.

Mientras que la dimensión de cada componente epitelial o conectivo, puede cambiar con el tiempo, estos cambios no afectan significativamente la dimensión general.

Sin embargo, el efecto del diente adyacente como apoyo en la dimensión interproximal de la mucosa periimplantar no había sido investigado.

Se ha sugerido que el biotipo periodontal (encía gruesa o delgada), afecta la dimensión del tejido periodontal.

De la base de datos de pacientes a los que se habían colocado implantes individuales en 2 etapas, en la zona anterior maxilar en el Centro de Prostodoncia e Implantología de la Escuela de Odontología de la Universidad de Loma Linda, entre enero de 1995 y junio de 2001; se seleccionaron según los siguientes criterios de inclusión: 1) presencia de dientes adyacentes al implante, con contactos proximales definidos; 2) el implante se colocó como el procedimiento de dos fases; 3) el implante debía de haber estado en funcionamiento durante al menos 1 año; 4) debía de haber una única corona sobre el implante; 5) en el momento de la evaluación clínica, el implante tuvo que ser considerado exitoso; y 6) no debía haber evidencia de complicaciones que hubieran requerido cirugía exploratoria y / o correctiva durante todo el período funcional del implante.

El biotipo fue categorizado como delgado si el contorno de la sonda periodontal subyacente podría verse a través de la encía, y gruesa si la sonda no se pudo ver.

El biotipo periimplantario de 28 implantes fue categorizado como grueso, y el de 17 implantes como delgado.

En este estudio, la dimensión facial media (3.63mm.) de la mucosa periimplantaria para los implantes de 2 etapas es ligeramente mayor que la dimensión histológica correspondientes al complejo dentogingival reportado por Gargiulo y cols. (2,73mm.) y Vacek y cols. (3,25mm.), pero es comparable a las dimensiones histométricas informadas



por otros autores para los implantes colocados en 2 etapas (3,11 a 3,80mm.) e implantes de una etapa (2,84 a 3,57mm.).

La dimensión facial en el complejo dentogingival se ha observado y clasificado como normal (3mm.), alta (<3mm.) o baja (> 3mm.).

Asimismo, se observaron variaciones dimensionales de 2 a 6mm.

Sin embargo, a diferencia de los dientes naturales, la dimensión facial observada con más frecuencia estaba entre 3 y 4mm.

Menos de 3mm., (9%) fue poco común, y puede estar relacionado con biotipo delgado, implantes que se colocaron demasiado labialmente, y / o una prótesis con contorno facial excesivo.

Por otra parte, una dimensión total > 4mm., generalmente se asoció con biotipo grueso.

Estos resultados son similares a los datos informados por Van der Velden, que observó una distancia media de 4,33mm., entre la ubicación de la zona del margen gingival y el nivel de hueso después de tres años.

Estos hallazgos concuerdan con las observaciones clínicas donde la papila interproximal de los implantes anteriores individuales colocados en dos fases, a menudo se encuentra un poco más a apical que la papila en los sitios correspondientes en el diente contralateral. La recesión de la papila interproximal es menor de la que se podría esperar después de un implante de 2 etapas quirúrgicas.

La presencia de dimensiones considerablemente estables indica que, para un implante único, el nivel de papila del implante depende del nivel óseo del diente natural adyacente. Las medidas son similares a los datos reportados por Garber y cols., que observaron tejido blando vertical con profundidad de 6,5mm., interproximal inmediatamente adyacente al implante.

Esta medición de unos 6mm., aunque sustancialmente mayor que las medidas faciales (3,63mm.), no es una sorpresa.

En dientes anteriores maxilares, la arquitectura ósea sigue la unión cemento-esmalte, resultando en una curvatura que es más apical en las partes faciales y linguales y más coronal en el aspecto interproximal del diente.

Por otro lado, en un implante anterior único con dientes adyacentes, la arquitectura ósea solo puede imitar la topografía de la plataforma del implante, que es plana.

La pérdida ósea en el aspecto interproximal del implante junto con la existencia de la curvatura gingival mantenida por el soporte óseo de los dientes adyacentes, resulta en

pseudo-bolsas por mesial y distal del implante. Esto explica la amplia gama de dimensiones de (3 a 9mm.) en comparación con otros sitios.

Evidentemente, para implantes anteriores individuales con dientes naturales adyacentes, la papila es independiente de los niveles óseos en las superficies interproximales del implante.

Los estudios han demostrado que una mucosa gruesa tiene una profundidad de sondeo periodontal significativamente mayor que su delgada.

Además, mientras las mediciones por mesial y distal del diente de 4,5mm., en sujetos con el biotipo grueso es comparable a la dimensión normal dentogingival interproximal, y es significativamente mayor que en sujetos con el biotipo delgado (de unos 3,8mm.;  $p < 0,05$ ).

Después de la extracción del diente, la papila interproximal por lo general colapsa debido a la pérdida de soporte dental, y el grado de colapso depende del grosor de la mucosa.

Bajo tal circunstancia, la papila puede restaurarse con un implante que reemplaza al diente en diversos grados dependiendo en el biotipo periimplantar.

Mientras que la papila puede mantenerse o restablecerse al nivel normal (4,5mm., desde el hueso subyacente) con el biotipo grueso, rara vez se puede recrear más allá de 4mm., con el biotipo delgado.

Concluyeron que la dimensión facial media periimplantar en la mucosa de los implantes de 2 etapas es ligeramente mayor que la dimensión promedio del complejo dentogingival. El nivel de la papila interproximal del implante es independiente del nivel óseo proximal al lado del implante, pero está relacionado con el nivel de hueso interproximal al lado de los dientes adyacentes.

Se observaron mayores dimensiones de la mucosa en presencia de un biotipo periimplantar grueso en comparación con un biotipo delgado.

En un estudio de Mariely Navarrete, según parámetros visuales, el biotipo fino fue más prevalente (56,7%) que el grueso (43,3%), y al comparar ambos métodos no existieron diferencias significativas <sup>[508]</sup>.

Se observó un ancho promedio de la encía adherida de 2,79mm., y un grosor de 1,06mm., presentándose valores más elevados en el biotipo grueso (ancho 2,94 mm y grosor 1,10 mm) versus el fino (ancho 2,67 mm y grosor 1,01 mm).

Según Tomas Linkevicius y Peteris Apse hay suficiente evidencia para reconocer que los tejidos finos pueden causar pérdida de hueso crestal en el proceso de formación del ancho biológico, al menos en el nivel de los estudios en animales <sup>[509]</sup>.

En el 2012, Stijn Vervaeke del Departamento de Periodoncia e Implantología Oral de la Universidad de Ghent, Bélgica, y práctica dental privada en Enschede, Países Bajos; y cols., realizan un estudio para dilucidar la influencia del grosor inicial del tejido blando en la remodelación ósea periimplantaria <sup>[516]</sup>.

La hipótesis de la investigación fue que los implantes instalados en pacientes o en lugares con tejidos finos de la mucosa mostrarían una mayor pérdida ósea periimplantaria.

Fueron tratados 79 pacientes edéntulos consecutivamente con dos implantes no ferulizados que soportaban una sobredentadura en la mandíbula.

Durante las visitas de control, la salud periimplantaria se determinó mediante el sondaje de profundidad de la bolsa y el índice de placa / sangrado modificado.

Se tomaron radiografías digitales periapicales de los implantes individuales.

Se midieron los cambios de nivel de hueso desde un punto de referencia (borde inferior del cuello del implante liso) hasta el nivel de contacto del implante con el hueso marginal.

Se analizaron los de la influencia de los parámetros clínicos y la altura del pilar transmucoso en la pérdida ósea periimplantaria.

De los pacientes tratados, 67 acudieron a la visita de control al año y 66 a la de los dos años. Los cambios en el nivel medio de hueso fueron de 0,89mm., (desviación estándar 0,62) y 0,90mm., (desviación estándar 0,66), la placa obtuvo una puntuación de 0,82 (desviación estándar 0,94) y 0,87 (desviación estándar 0,92), valores de sangrado de 0,46 (desviación estándar 0,68) y 0,56 (desviación estándar 0,72) y bolsas periimplantarias 1,65mm., (desviación estándar 0,60) y 1,78mm., (desviación estándar 0,59) después de 1 año y 2 años respectivamente.

Los cambios en el nivel óseo periimplantario fueron significativamente mayores para implantes con pilares de <2mm., (1,17mm.,  $p < 0,01$ ; 1,23mm.,  $p < 0,01$ ), 2mm., (0,86mm.,  $p < 0,01$ ; 1,03mm.,  $p < 0,01$ ) o 3mm., (0,38mm.,  $p = 0,046$ ; 0,41mm.,  $p = 0,044$ ); en comparación con los pilares de  $\geq 4$ mm., en que los cambios en el nivel óseo se establecen en cero como valor de referencia.

En ambos casos, después de 1 año y 2 años, los cambios en el nivel óseo se vieron significativamente influenciados por la profundidad de sondaje ( $p < 0,01$ ,  $p < 0,01$ ), pero no por placa ( $p = 0,31$ ,  $p = 0,09$ ) y puntuaciones de sangrado ( $p = 0,30$ ,  $p = 0,40$ ).

Los resultados del presente estudio sugieren una prevención en la remodelación ósea que ocurre después de la colocación del implante mediante la adaptación de la dimensión vertical del transepitelial al grosor de la encía.

Especialmente pacientes o sitios con insuficiente grosor gingival, pueden presentar más pérdida ósea periimplantaria después del restablecimiento del ancho biológico tras la colocación de los implantes.

Se sugiere una colocación más profunda de los implantes preferible a exposición imprevista del cuello del implante que puede conducir a una recesión de los tejidos blandos y puede obstaculizar la estética, así como aumentar el riesgo de patología del tejido duro y blando debido a la exposición del implante.

Por lo tanto, se sugiere que el cirujano debería mantener proactivamente el espesor del tejido blando al instalar implantes especialmente en casos con un biotipo delgado.

#### Encía queratinizada

En la Tercera Conferencia de Consenso de la Asociación Europea para la Osteointegración (EAO) en el 2012, sobre la terapia de la Cirugía Guiada y los aspectos sobre el tejido duro y blando se plantea si existe la necesidad de mucosa queratinizada alrededor de los implantes para mantener la salud y la estabilidad de los tejidos blandos [510]. Las principales conclusiones fueron:

Colectivamente, los hallazgos de esta revisión muestran la evidencia con respecto a la necesidad de la presencia, o una cierta cantidad de mucosa queratinizada alrededor de los implantes para mantener la salud y la estabilidad del tejido.

Estudios longitudinales no mostraron una asociación significativa entre los implantes en situación insuficiente de encía queratinizada y porcentajes de placa más altos.

Sin embargo, en algunos estudios se informa de una asociación significativa.

Estudios longitudinales y transversales en poblaciones bien mantenidas mostraron ninguna asociación significativa entre "inadecuado" tejido queratinizado e inflamación gingival. Sin embargo, en algunos estudios en poblaciones menos bien mantenidas, reportaron una asociación significativa.

La recesión se informó en la fase inicial (6-12 meses) y puede ser más pronunciada en sitios sin mucosa queratinizada mucosa (tres de tres estudios).

Sin embargo, un efecto a largo plazo de "inadecuada" mucosa queratinizada en la recesión de tejidos blandos se mostró en un solo estudio (4 años; implantes inmediatos; sin colgajo), mientras que dos estudios con un enfoque de cirugía tradicional, no mostraron diferencias.

A pesar de los problemas metodológicos y heterogeneidad de los estudios, del 40 al 50%, demostraron estadísticamente asociaciones significativas entre falta de tejido queratinizado "adecuado" y placa más alta y puntuaciones de sangrado. Los estudios que no demostraron una asociación generalmente eran de poblaciones bien mantenidas.

Una recesión significativa de los tejidos blandos alrededor los implantes pueden ocurrir en la fase temprana después de la terapia protésica (6-12 meses); y puede ser más pronunciada en los sitios con mucosa queratinizada "inadecuada". La asociación es menos evidente en estudios de seguimiento de más largo plazo (1-5 años).

No se pueden sacar conclusiones con respecto a la influencia de la encía queratinizada en el hueso interproximal, cambios de nivel y sobre el riesgo de pérdida de implantes <sup>[511]</sup>.

Hay una falta de evidencia con respecto a riesgos / beneficios de ausencia / presencia de mucosa queratinizada en implantes dentales.

Sin embargo, los datos sugieren que en situaciones clínicas donde el control apropiado de la placa no es alcanzado (por ejemplo, cumplimiento limitado, destreza reducida, falta de accesibilidad) la presencia de mucosa queratinizada alrededor de los implantes puede ser beneficiosa. A pesar de la ausencia de asociaciones fuertes entre ausencia / presencia de mucosa queratinizada y la salud de la mucosa periimplantar, se recomienda que los esfuerzos para preservar la mucosa queratinizada existentes se maximicen durante los procedimientos de tratamiento.

Ya que las consecuencias de los cambios inflamatorios alrededor de los implantes dentales son perjudiciales y, a veces, no reversibles, sin duda es útil <sup>[512]</sup>.

La ausencia de una adecuada mucosa queratinizada alrededor de los implantes que soportan sobredentaduras se asocia con una acumulación de placa más alta, inflamación gingival, sangrado al sondaje y recesión de la mucosa.

Hay una falta de evidencia que respalde concepto de que los procedimientos de injerto dirigidos a aumento de la cantidad de mucosa queratinizada, mejoren los resultados de la terapia con implantes.

Aunque ningún estudio evaluó de manera centrada en los resultados con respecto a la higiene oral, se tiene que considerar que algunos pacientes pueden experimentar dolor o incomodidad durante el cepillado en sitios bordeando la mucosa de revestimiento, que a su vez puede obstaculizar la limpieza adecuada.

Según el Dr. Arribas Sánchez y cols., en su publicación en el Monográfico sobre implantología del RCOE del 2014, la encía queratinizada no influye en la supervivencia de los implantes a largo plazo, sin embargo, su preservación y reconstrucción facilitará una mejora de la estética, de la higiene y en consecuencia alcanzar menores índices de placa.

#### Papila

La importancia clínica de este fenómeno es que, el aumento de la pérdida ósea crestal produce un aumento en la distancia entre la base del punto de contacto de las coronas adyacentes y la cresta del hueso. Esto podría determinar si la papila estará presente o ausente entre 2 implantes.

En un estudio de Tarnow y cols., una pequeña diferencia de 1mm., fue clínicamente significativa. Cuando la distancia desde el punto de contacto a la cresta fue de 5mm., la papila estuvo casi siempre presente.

Cuando esta distancia aumentó a 6mm., la papila llenó completamente el espacio de la tronera en solo el 55% de los casos observados <sup>[196]</sup>.

Comúnmente se observa que es más difícil mantener o crear una papila entre 2 implantes adyacentes que mantener o crear la papila entre un implante y un diente natural.

Esto puede indicar que la utilización selectiva de implantes con un diámetro más pequeño en la interfaz implante-pilar puede ser beneficiosa cuando se van a colocar múltiples implantes en la zona estética para que se pueda retener un mínimo de 3mm., de hueso entre ellos en el nivel implante-pilar.

Cuando existe un espesor fino de mucosa, se va a producir siempre una reabsorción ósea independientemente del diseño del implante <sup>[42]</sup>. Para anticiparse a este problema se pueden aplicar dos alternativas:

Utilizar diseños de implantes con cuellos pulidos, esperando que el tejido blando se adapte a esa zona pulida, cuando se produzca la reabsorción. Aunque tiene el inconveniente y no es recomendable por la pérdida de anclaje óseo. O bien modificar el protocolo quirúrgico sumergiendo un poco más el implante, de tal manera que al aumentar el espesor de mucosa el nivel de cresta ósea se quede a nivel de la plataforma.

Este fenómeno, también ocurre cuando los implantes sumergidos exponen su tornillo de cierre en alguno de sus bordes al medio oral de manera prematura antes de realizar la segunda fase, ya sea por dehiscencia de la sutura o porque la encía es muy fina.

En estos casos, siempre que exista una buena estabilidad primaria del implante es mejor colocar tornillos de cicatrización cortos lo antes posible y suturar los tejidos adaptados a ese pilar, evitando así la reabsorción crestal y favoreciendo una buena higiene <sup>[42]</sup>.

En un estudio revisaron y compararon las técnicas existentes para creación de papilas interdentes <sup>[204]</sup>. El soporte óseo es la base de cualquier existencia de tejido blando. Técnicas como el aumento del alveolo, extrusión ortodóntica, regeneración ósea guiada, injerto onlay, y la distracción osteogénica se utilizan a menudo para este fin.

#### *Aumento de tejidos blandos*

Los injertos de tejidos blandos, así como las restauraciones de imitación estética también se pueden utilizar para mejorar los resultados estéticos. Implementar todas estas técnicas en la práctica clínica puede aliviar el desafío que plantea sobre los odontólogos el tratar de conseguir una buena apariencia de papila interdental / implante. Estas técnicas incluyen conseguir un volumen de hueso adecuado, espesor adecuado del tejido blando, así como restauraciones de apariencia estética. El objetivo más importante de las intervenciones periimplantarias no es tan solo la estética, sino el aliviar y prevenir morbilidad; como la inflamación de la mucosa y la periimplantitis <sup>[503]</sup>.

Un estudio realiza un examen comparativo de los diferentes procedimientos de aumento de tejidos blandos; haciendo hincapié en el injerto gingival libre, conectivo subepitelial y el aloinjerto (matriz dérmica acelular), reportando datos de su utilidad y eficacia en la reconstrucción de la arquitectura gingival alrededor de implantes dentales <sup>[513]</sup>.

Esta revisión debate estudios clínicos de distintos procedimientos de tejidos blandos, con el fin de valorar cuál de ellos ofrece una mayor predictibilidad en el tratamiento con implantes, considerando sus ventajas e inconvenientes.

Los datos que fueron analizados determinan que el injerto gingival libre obtiene los mejores resultados en ganancia de tejido queratinizado. El conectivo subepitelial en sus distintas técnicas, es el que obtiene mayor aumento de volumen. El aloinjerto demostró ser una alternativa viable en aumentos de tejido queratinizado, evitando la necesidad de una zona donante.

La incidencia de complicaciones postoperatorias fue evaluada para cada una de las diferentes opciones terapéuticas, siendo el aloinjerto el que reportó una menor tasa de complicaciones.

La mucosa fina puede causar la pérdida ósea temprana de la cresta, pero su engrosamiento con membrana alogénica puede reducir significativamente la resorción ósea <sup>[514]</sup>.

#### Altura de los transepteliales

En el año 2017 Juan Blanco de la Unidad de Periodoncia de Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, España, y cols., publicaron un ensayo clínico aleatorizado para comparar el efecto en la pérdida ósea interproximal entre implantes de cambio de plataforma, colocados a nivel con transepteliales de dos alturas diferentes (1 y 3mm.) <sup>[515]</sup>.

Veintidós pacientes recibieron cuarenta y cuatro implantes (6,5-10mm.) de longitud y 3,5-4mm., de diámetro) para reemplazar al menos dos dientes adyacentes que faltaban.

Se utilizaron dos implantes por puente, con una sola altura de pilar por puente.

Las mediciones clínicas y radiológicas se realizaron a los 3 y 6 meses después de la cirugía. Se compararon los cambios del nivel óseo interproximal entre grupos de tratamiento.



Se analizó también la posible relación entre la pérdida ósea y: historia de periodontitis, tabaquismo, ubicación del implante, diámetro del implante, longitud del implante, torque de inserción, ancho de la mucosa queratinizada, densidad ósea, biotipo gingival y antagonista.

A los 3 meses, los implantes con pilares de 1mm., de altura, tenían significativamente mayor la pérdida ósea ( $0,83 \pm 0,19\text{mm.}$ ) en comparación con los implantes con pilares de 3mm., de altura ( $0,14 \pm 0,08\text{mm.}$ ).

A 6 meses, se observó una la pérdida ósea mayor en los implantes pilares de 1mm., comparados con implantes con pilares de 3mm., ( $0,91 \pm 0,19$  versus  $0,11 \pm 0,09\text{mm.}$ ).

El análisis de la relación entre las variables clínicas características del paciente y la pérdida ósea reveló que no hubo diferencias significativas, excepto el fumar.

Concluyen que la altura del pilar es un factor importante para mantener nivel óseo interproximal en la curación temprana. Los pilares cortos condujeron a una mayor pérdida ósea interproximal en comparación con pilares largos después de 6 meses. Otras variables, excepto el fumar, no mostraron relación con la pérdida ósea interproximal en la curación temprana.

#### *Cambio de plataforma*

Los implantes que usamos tienen el concepto de cambio de plataforma, que clínicamente dan un excelente resultado en la conservación ósea y tejidos blandos. El uso de implantes con cambio de plataforma mejora la preservación de la cresta ósea y conduce a una reposición biológica controlada del espacio <sup>[519]</sup>.

En el 2011, Matteo Danza, de la Escuela de Odontología, de la Universidad de Chieti, e Ilaria Zollino del Departamento de Cirugía Maxilofacial de la University of Ferrara, Italia, y cols., estudian el potencial impacto de la distancia entre los implantes sobre la resorción ósea crestal <sup>[520]</sup>.

Concluyen que los implantes adyacentes insertados con una distancia más baja y más alta que 1,8mm., tienen diferencia en resorción del hueso crestal; pero esta diferencia no es estadísticamente significativa en un corto período de seguimiento.

Esto podría deberse al implante específico usado que tiene un cuello cónico invertido. El implante postextractivo es el principal determinante en términos de resorción ósea periimplantar en un corto período de seguimiento.

También en el 2011, Marco Decidi con práctica privada en Bolonia, Vittoria Perrotti y Adriano Piattelli de la Escuela de Odontología de la Universidad de Chieti-Pescara, Italia, y cols., comentan que el hueso crestral periimplantario debe ser estable para cuestiones estéticas. Realizaron un análisis histológico de un implante con una plataforma con conexión de cambio de plataforma.

Después de 6 semanas de periodo de curación, se retiró con fresa trefina un implante con un pilar de cambio de plataforma.

Antes de la recuperación, el implante estaba osteointegrado y no móvil.

En un lado del implante, había una reabsorción de 1mm., del hueso crestral. En el otro lado no había ocurrido resorción ósea y aproximadamente 1mm., de hueso estaba presente sobre el hombro del implante. El porcentaje de contacto hueso-implante fue  $65,1 \pm 6,3\%$ . Es probable que el cambio de plataforma haya podido reducir la necesidad de respuesta inmune del organismo a la presencia del microgap.

Se encontró un contacto del hueso con el implante, Bone Implant Contact (BIC), muy alto en el implante analizado. Esto podría estar relacionado con el hecho que el implante había sido cargado y al tipo de superficie microestructurada.

En conclusión, el uso del cambio de plataforma, podría ayudar a mantener la altura del hueso crestral periimplantario, y reducir parcialmente la remodelación del hueso crestral.

En el 2013, Janeth Elena Pedroza, Especialista en Periodoncia y cols., presentaron un estudio descriptivo longitudinal, en el cual participaron pacientes que asistieron a la clínica de Periodoncia del Colegio Odontológico - UNICOC a partir del año 2011 <sup>[521]</sup>.

El objetivo era Identificar los cambios en el ancho de encía queratinizada de pacientes tratados con dos sistemas de implantes con relación a la edad, el biotipo periodontal y la dehiscencia ósea.

Se evaluaron 40 pacientes, 9 estaban incluidos en el grupo control y 31 al grupo de prueba; la edad de los pacientes osciló entre 30 y 66 años. La muestra fue de un total de 130 implantes, 19 en el grupo control y 111 para el grupo de prueba.

Los análisis estadísticos usados fueron de tipo descriptivo buscando determinar el espesor de la encía queratinizada previo a la colocación del implante, la presencia o ausencia de dehiscencia ósea, el ancho de encía queratinizada con base en la edad del paciente y el sistema de implantes utilizado.

Al terminar el estudio se concluyó que no se presentaron cambios significativos en los tejidos blandos cuando se relacionó con la edad y el tipo de implante utilizado, pero que si hubo diferencias importantes cuando se trató de biotipo periodontal y dehiscencia ósea; mostrando favorabilidad para el biotipo periodontal grueso, mejorando el resultado en implantes de prueba; y obteniendo resultados también favorables, en donde no se presentó dehiscencia ósea, independiente del tipo de implante colocado.

Determinaron que el cambio de plataforma utilizada en los implantes puede generar cambios favorables en el ancho de encía queratinizada en los casos en donde se presenten dehiscencias óseas o en biotipo periodontal delgado.

En el 2014, Tomas Linkevicius, Profesor del Instituto de Odontología, Facultad de Medicina de la Universidad de Vilnius; director de investigación del Vilnius Research Group, y prostodoncista del Centro de Implantología de Vilna, Vilnius, Lituania; y cols., informa de que numerosos estudios han demostrado la superioridad de los implantes con cambio de plataforma en la preservación del hueso crestral en comparación con los implantes con plataforma <sup>[517]</sup>. El propósito del estudio era evaluar los niveles de hueso crestral alrededor de los implantes con cambio de plataforma colocados en un tejido de mucosa delgada y gruesa.

Ochenta pacientes (38 varones y 42 mujeres, con una edad media de  $44 \pm 3,34$  años) recibieron 80 implantes, a nivel óseo, de 4,1 mm de diámetro con cambio de plataforma (Institut Straumann AG, Basilea, Suiza).

Se midió el espesor del tejido y los casos se distribuyeron al Grupo 1, con tejido blando delgado (2 mm o menos,  $n = 40$ ) y el Grupo 2 con tejido grueso (más de 2 mm,  $n = 40$ ). Los implantes se colocaron con un abordaje de una etapa y se restauraron con prótesis atornilladas.

El examen radiográfico se realizó después de la colocación de los implantes, 2 meses después de la cicatrización (y la restauración), y al año de seguimiento.

Se calculó la pérdida de hueso crestal. Los implantes en el grupo 1 (tejido fino) mostraron 0,79mm., de pérdida de hueso después de 2 meses. Después de un año de seguimiento, la pérdida ósea fue de 1,17mm.

Los implantes en el Grupo 2 (tejido grueso) mostraron una pérdida ósea de 0,17 mm después de 2 meses de la colocación del implante y 0,21 mm después de un año de seguimiento. Las diferencias entre los grupos fueron significativas ( $p < 0,001$ ) en ambos momentos temporales.

Concluyeron que el cambio de plataforma no previene la pérdida ósea crestal si la mucosa es delgada en el momento de la colocación del implante.

En tejidos blandos gruesos, el uso de implantes con cambio de plataforma mantuvo el nivel de hueso crestal con remodelación de reabsorción mínima.

En 2017, Singh y cols., exponen que incluso antes de cargar de manera protética el implante de dos etapas, se produjo una pérdida de hueso crestal de 0,6 a 0,9 mm alrededor de los implantes.

El diseño liso del collar pulido del implante puede haber contribuido a la pérdida de hueso crestal <sup>[522]</sup>.

## Cuello

El cuello de los implantes utilizados en el estudio estaba tratado hasta la plataforma. En la plataforma superior, el tratamiento solamente es un ligero ataque ácido para favorecer tanto la osteointegración como la posible adherencia de tejido blando.

En el 2009, Heinemann del Departamento de Prostodoncia y Biomateriales, de la Universidad de Greifswald, y, Bourauel, Catedrático de Tecnología Oral de la Universidad de Bonn, Alemania, y cols., realizan un estudio de investigación de la tasa de supervivencia de los implantes inmediatos, además de la evaluación de la nivel del hueso alveolar alrededor de la región del cuello de implantes con diferentes diseños <sup>[523]</sup>.

El estudio estaba dirigido a la cuestión de si el área "biológica" altamente pulida del cuello del implante está más asociada con la reabsorción crestal que la región áspera.

Se estudió la influencia del tratamiento de la superficie de la región cervical del implante.

Se evaluó la tasa de supervivencia de 129 implantes de 52 pacientes en diferentes momentos después de la implantación inmediata.

En los exámenes periódicos se vio que no había diferencias en el estado de la cresta alveolar alrededor de las regiones cervicales de los implantes con cuellos altamente pulidos y rugosas.

Se detectó la reabsorción más notable en el margen distal de la cresta alveolar.

El presente estudio muestra los implantes de cuello pulido o áspero que se insertan postextracción, no difieren significativamente en la clínica y resultados radiográficos después de varios períodos postoperatorios.

Se ha sugerido que el cuello del implante debe ser liso, pulido, apoyando la creencia de que el módulo de cresta no debe diseñarse para soportar carga y había una conclusión de que los cuellos de implantes pulidos no se integran como Burser y cols., demostraron en su trabajo con mini-cerdos.

En el presente estudio, se utilizaron diseños de implantes Tiolox<sup>®</sup> y PCT. Ambos tienen una región crestal pulida de 1,0 mm de altura. Los implantes Tiolox<sup>®</sup> no mostraron una reabsorción o fue de menos de 1,0mm., dentro de los siete meses desde la inserción del implante, excepto un implante, donde se observó una reabsorción de 2,0mm., distalmente en la región molar inferior después de diez meses desde la inserción.

Esto podría ser como resultado de utilizar el implante mencionado en el apoyo de una prótesis fija para los dos premolares inferiores faltantes.

Además, los implantes PCT mostraron una reabsorción de 2.4mm., mesial y 0,6mm., distal en la región premolar superior, mientras que no se detectó reabsorción visible en las áreas incisales y premolares contralaterales.

Se recomendó utilizar un cuello de implante áspero que se encuentra en el nivel de la cresta alveolar, ya que esto puede proporcionar un estrés positivo al hueso y disminuir la pérdida ósea en esta área.

En el presente estudio, los implantes NTR (cuello áspero de 1,6mm., con pequeños surcos) no mostraron reabsorción crestal en la región del incisivo superior derecho y las regiones del primer premolar, mientras que hubo una reabsorción distal de 1mm., en el área del incisivo contra posterior.

Además, hubo una resorción de 0,8mm., y 1,0mm., mesial y distal en la región premolar contralateral después de 18 meses desde la fecha de inserción, respectivamente.

El hallazgo interesante de los resultados obtenidos es que la reabsorción se produjo principalmente en la parte distal de la cresta, es decir, en las regiones premolares.

A partir del presente estudio, podemos concluir que los implantes inmediatos se pueden considerar como una opción de tratamiento exitosa con varios diseños de implantes / topografía cuando se cumplen los criterios clínicos para la implantación inmediata.

En el 2011, Young-Il Kang del Departamento de Periodoncia de la Facultad de Odontología, del Hospital Dental de Gangnam de la Universidad de Yonsei, Seúl, Corea, y cols., presentan un estudio sobre el Efecto del tamaño de las rosca del implante en el área del cuello <sup>[524]</sup>.

Exponen que no hubo diferencias significativas entre los implantes con macro y micro roscas en términos de pérdida ósea marginal después de 1 año de carga.

En el 2009, Emanuel A. Bratu, del Departamento de Rehabilitación Implantológica de la Universidad de Medicina y Farmacia de Timisoara, Roma, Italia, y cols., exponen que un cuello de implante de superficie rugosa con micro roscas reduce la cantidad de pérdida ósea marginal <sup>[525]</sup>.

Los implantes muestran, de modo estadísticamente significativo, menos pérdida ósea marginal temprana y más estabilidad a nivel óseo en comparación con los implantes de otro modelo con cuello pulido.

Dos características implementadas en los implantes pueden contribuir a esto: ya sea la ausencia del cuello pulido o la presencia de micro roscas en el cuello del implante.

Pilar o cuello parcialmente rugoso

En clínica utilizamos minipilares transepteliales de superficie pulida, no obstante, recientemente han aparecido algunos estudios interesantes que lo discuten.

Con el objetivo de facilitar este sellado biológico, se está estudiando cuál debe ser la rugosidad y el espesor ideal de los pilares o los cuellos transmucosos de los implantes.

En relación a la rugosidad se ha observado que los pilares rugosos almacenan 25 veces más bacterias que los pilares de superficies lisas.

Se considera que la zona donde va a ir insertado el epitelio debería ser electro pulido (2mm.), por la mayor adhesión de los hemidesmosomas de las células epiteliales a las zonas pulidas; mientras que la zona donde se une el conectivo debería ser parcialmente rugoso (1-1,5mm.), por la mejor proliferación y diferenciación fibroblástica <sup>[42]</sup>.

Tanto las células epiteliales como los fibroblastos se unen a las superficies a través de integrinas (proteínas de la membrana celular).

Con el fin de que las fibras colágenas se adapten mejor a los cuellos transmucosos, se está investigando cuál es la rugosidad ideal en esta zona sin llegar a una rugosidad tan importante como para favorecer la contaminación bacteriana.

De esta forma se están evitando los diseños totalmente pulidos de estas zonas de unión al conjuntivo, y se está buscando una ligera rugosidad ya sea con mecanizados o con grabado ácido <sup>[42]</sup>.

Algunos fabricantes, están proponiendo un implante con 1,5mm., de cuello pulido; pero con una ligerísima rugosidad, por pasivado ácido, para que en la zona del tejido conjuntivo del espacio biológico se favorezca la unión de los fibroblastos y de las integrinas, proteínas de la membrana celular; pero tan ligera que siga siendo favorable para la adhesión de los hemidesmosomas de las células epiteliales, evitando la contaminación bacteriana y dificultando su proliferación.

En pacientes con problemas periodontales resultaría ideal para minimizar la pérdida ósea.

Un estudio examinó la influencia de la rugosidad superficial en la colonización microbiana en zonas subgingivales. Se seleccionaron pacientes tratados con implantes dentales en dos fases. Utilizaron diferentes pilares de diferentes fabricantes. <sup>[526]</sup>

El estudio de la placa supragingival mostró una relación clara entre la placa y la rugosidad de la superficie de los pilares.

Los pilares rugosos siempre albergaban un complejo microbiota, caracterizada por un menor porcentaje de células cocoides, y un mayor porcentaje de organismos móviles y espiroquetas.

En el estudio, los pacientes mantuvieron buena higiene oral, por lo que se podría concluir que la superficie rugosa no solo favorece tasa de crecimiento, sino también reduce la posibilidad de limpiarla; y se preconizan las superficies lisas para las superficies supragingivales.

Los datos sobre la placa subgingival indicaron que, en las superficies rugosas, resultó un aumento importante en la cantidad de placa sin un cambio dramático en la composición. Dado que la adhesión bacteriana inicial pasa a través de una fase de unión "débil y reversible" antes de una irreversible, la influencia de rugosidad superficial podría explicarse por el hecho que el establecimiento de tal unión reversible preferentemente ocurre en las irregularidades superficiales, donde los microorganismos están protegidos contra la limpieza mecánica.

Esta hipótesis está respaldada por otras observaciones que sugieren que el acumulo de placa supragingival temprana comienza en fosas y surcos <sup>[526]</sup>.

En el 2015, Sergio Alexandre Gehrke, Director del Centro de Investigación Biotecnos, Santa María, Brasil, profesor de la Universidad Católica del Uruguay en Montevideo, y Brasily Ulisses Tavares da Silva Neto, coordinador y profesor del Programa de postgrado en Implantología de APCD, Brasil, realizaron un estudio de investigación sobre el efecto sobre los patrones de cicatrización del tejido óseo en el área de 1mm., tratada en la superficie transmucosa del minipilar en la tibia de los conejos <sup>[527]</sup>.

Cuarenta y seis pilares se dividieron en dos grupos: grupo de control con 14 pilares con superficie lisa y grupo experimental con 32 pilares que presentan un área de 1mm., de la superficie transmucosa tratada con chorro de arena con micropartículas de óxido de titanio seguido de grabado con ácido.

Cinco muestras de cada grupo se analizaron utilizando un perfilómetro láser óptico para la caracterización de la rugosidad superficial.

Se instalaron treinta y seis implantes de cono Morse (3,5mm., de diámetro y 7mm., de longitud) que se insertaron 1,5mm., subcrestales en las tibias de nueve conejos.

Los implantes se eliminaron después de 8, 10 y 12 semanas para el análisis histológico.

Los portaobjetos histológicos fueron preparados y analizados cualitativamente en relación con el nuevo hueso en la interfaz hueso-pilar y cuantitativamente, en relación con la altura del hueso desde la base del implante.



Estos datos fueron calculados y comparados estadísticamente dentro de los grupos. Como resultado ambos grupos exhibieron crecimiento óseo en la dirección hacia la superficie de los minipilares transepteliales, con buena cicatrización. Sin embargo, el grupo experimental mostró un aumento en la altura de la formación ósea en dirección crestal, y se observaron diferencias altamente significativas ( $p < .001$ ) entre estos valores medidos. Concluyeron que, bajo las limitaciones del presente estudio, el seguimiento histológico a las 8, 10 y 12 semanas mostró que el área transmucosa de 1mm., del pilar del implante con el tratamiento de la superficie facilitó el mantenimiento de la altura de hueso alrededor del pilar en comparación con el mismo pilar con la superficie totalmente lisa.

En el 2016, Roodabeh Koodaryan y Ali Hafezeqoran del Departamento de Prosthodontia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Ciencias Médicas, Tabriz, Irán, evaluaron las superficies del cuello de los implantes en cuanto a la pérdida de hueso marginal con una revisión sistemática y metaanálisis <sup>[311]</sup>.

Apuntan que el resultado de la revisión sistemática reveló que cambios de hueso marginales alrededor de superficie rugosa de micro roscas de los implantes fueron significativamente más bajos que en los implantes con cuellos pulidos y los implantes de cuello de superficie rugosa.

#### Invasión bacteriana del microgap

Se ha establecido la hipótesis de que la interface pilar-implante y su posible invasión bacteriana podría ser la responsable de la reabsorción de la cresta ósea, tras producción de infiltrado inflamatorio en la mucosa a nivel de esa interface.

Hay que tener en cuenta que los implantes sumergidos tienen dos interfaces de posible conflicto (pilar transeptelial-implante y pilar transeptelial-prótesis) mientras que los no sumergidos tienen solo una interface (implante-prótesis).

La pérdida ósea vertical ha sido bien investigada. Dependiendo del gap, existe también una pérdida ósea lateral en la conexión implante-pilar <sup>[196]</sup>.

Los implantes utilizados en el estudio son de conexión cono morse que garantizan el sellado sin gap o desajuste para evitar la colonización de bacterias. Además, podemos seleccionar la altura de los componentes transepiteliales para alejar la plataforma protésica de la cresta, y proporcionar un mejor sellado biológico lo que según los estudios influye en la menor o ausencia de reabsorción ósea. Las mediciones de los tejidos blandos y su manejo, son más precisos y muy recomendables en los sistemas de guía quirúrgica [549].

La posición del hombro del implante en relación con la cresta ósea puede tener un impacto en el ancho biológico, es decir, cuanto más profundamente colocado esté el implante, más largo el ancho biológico resultante; debido principalmente a un aumento en el componente del tejido conectivo [518]. Cuanto mayor es el microgap o desajuste entre el implante y el componente transepitelial más profundo es el ancho biológico. El infiltrado inflamatorio dentro del zona de tejido conectivo que rodea el microgap parece inducir la resorción del hueso crestral periimplantario, lo que resulta en un ancho biológico más profundo.

Hermann y cols., observaron en un estudio experimental en implantes sin cargar, que los implantes sumergidos presentaban una pérdida ósea de 2mm., apicalmente a la interface implante-pilar, mientras que esto no se producía en implantes no sumergidos [42].

Los autores también establecen como posibles causantes de la reabsorción los micromovimientos del pilar que se une a los tejidos blandos y el déficit de aporte sanguíneo cuando se realiza la segunda cirugía para conectar los pilares [42].

Por otro lado, los rangos de anchura de esta interface (pilar-implante) varían según los sistemas desde 5 a 49nm., teniendo en cuenta que esta interface puede aumentarse por el aflojamiento de los tornillos del sistema.

Debido a que el diámetro promedio de una bacteria es de 2nm., es fácil pensar que se puede establecer la colonización de esta zona directamente o también a través de las estructuras internas del sistema [42].

Hermann y cols., realizaron también un estudio experimental en mandíbula de perro con un periodo de curación de 6 meses valorando la reabsorción crestal con microimplantes colocados con técnica sumergida y no sumergida, de 1 o 2 piezas <sup>[528]</sup>.

Refirieron mayor periimplantitis para los implantes con 2 piezas y observaron en todos los casos reabsorción de la cresta, hasta llegar a la zona rugosa del implante; menos en los implantes no sumergidos, en los que la zona rugosa se colocó de manera paracrestal. Los autores relacionan la reabsorción a la existencia de la interface pilar-implante, pero esto no debería ser considerado de modo categórico, ya que en los diseños de implante estudiados no existía un sistema sumergido con la zona rugosa hasta la zona paracrestal (sin cuello pulido), que sería el sistema a comparar.

Por otro lado, también se observó reabsorción de hueso hasta la zona rugosa en sistemas donde no existía el gap.

En cualquier caso, este fenómeno no ha sido investigado en humanos y no está claro el papel que cumple esta interface en la reabsorción crestal.

Por otro lado, hay estudios clínicos que demuestran radiológicamente una pérdida ósea media en el primer año de tratamiento con implantes no sumergidos de 0,78mm., que rebatiría la hipótesis de la colonización bacteriana de la unión implante-pilar como justificante único de la reabsorción crestal <sup>[42]</sup>.

Hay que tener en cuenta, que los implantes no sumergidos presentan una dificultad para obtener buenos resultados estéticos en el sector anterior, con los perfiles de emergencia más adecuados, debido a que es difícil predecir al nivel que van a quedar los tejidos blandos después de la cicatrización.

Esto se intenta solventar con el diseño de cuellos transmucosos más pequeños (1,8mm.). Además, puede existir una carga prematura del implante en el caso de utilizar prótesis removible en el periodo de cicatrización, cuando la estabilidad primaria no ha sido muy adecuada.

Se ha demostrado, también experimentalmente, que no existen diferencias de los tejidos blandos perimplantarios entre los sistemas no sumergidos y los sumergidos <sup>[42]</sup>.

A favor de esta teoría existen evidencias en donde sistemas que utilizan una conexión interna cónica, existiría una reducción del microgap con menor colonización bacteriana,

observándose reabsorciones de la cresta ósea en el primer año (0,4mm.), menor a la observada en sistemas con conexión externa [42].

Además, en casos de implantes con una conexión externa, en donde existiría un microgap mayor, se ha observado que, si se coloca el cuello del implante de manera supracrestal, la reabsorción no es de 1,5mm., como en la colocación habitual, sino solo de 0,5.

Se desconoce, sin embargo, si la menor reabsorción ósea observada en estos estudios se debe a la localización y anchura de la interface pilar-implante o la mejor distribución biomecánica al hueso.

#### *Periimplantitis*

La probabilidad de que los implantes se integren puede verse perjudicada por la presencia de bacterias intraorales y la reacción inflamatoria concomitante.

Según Ausra Ramanauskaite y Gintaras Juodzbalyis del Departamento de Patología Dental y Oral de la Universidad de Ciencias de la Salud de Kaunas, Lituania, en un artículo del 2016, comentan que actualmente no existe una única definición uniforme de periimplantitis o los parámetros que se deben usar para la clasificación, el diagnóstico y el pronóstico [34]. Para prevenir dicha influencia bacteriana, se pueden considerar las siguientes medidas: salud periodontal en la dentición remanente (para prevenir translocación bacteriana), evitar la profundización de bolsas periimplantarias, y el uso de un pilar y una superficie de implante lisos y con buen ajuste.

Para tener un buen pronóstico en los implantes osteointegrados, es importante el diagnóstico oportuno de la mucositis periimplantaria y periimplantitis [41].

Los factores que estimulan la periodontitis tales como el tabaco y una pobre higiene oral aumentan el riesgo de periimplantitis [35].

El que la susceptibilidad a la periodontitis esté relacionada con la de la periimplantitis puede variar de acuerdo con el tipo de implante y especialmente su topografía de superficie [36].

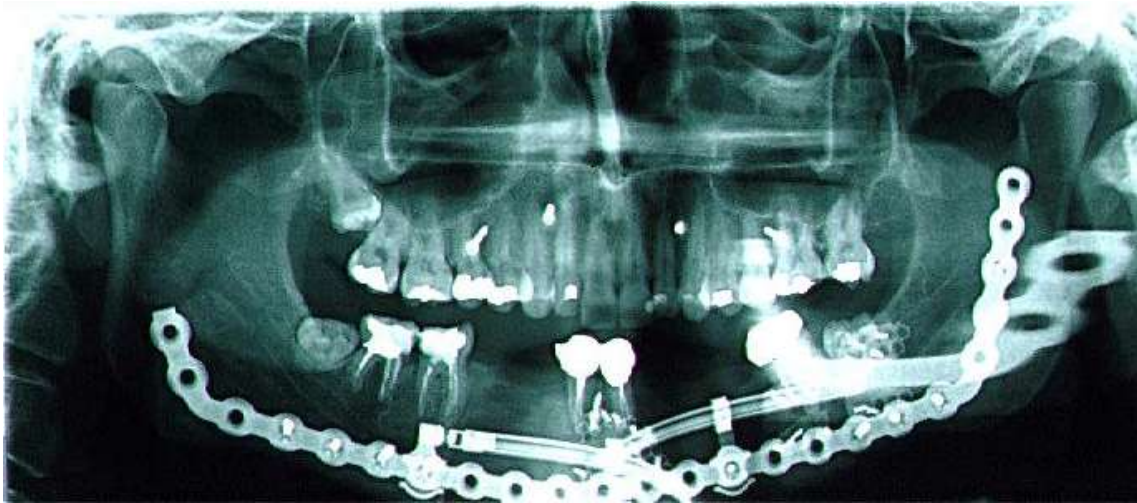
## *RESOLUCIÓN DE CASOS COMPLEJOS*

En un artículo que publicamos se documenta un caso límite, donde se pone a prueba la eficiencia de la técnica con planificación para reconstrucción protésica en un paciente portador de múltiples tornillos de osteosíntesis, por una doble distracción ósea y reconstrucción con injerto de cadera a causa de un Ameloblastoma, del que había sido intervenido unos años antes <sup>[617]</sup>.

En la planificación implantológica, el propósito era no colisionar con los tornillos de osteosíntesis de manera estratégica para el soporte en distribución de fuerzas poligonal estable de la futura prótesis.



**Ilustración 49.** Paciente en la situación postquirúrgica de la exéresis del Ameloblastoma.



**Ilustración 50.** Se realiza una doble distracción ósea hasta conseguir recomponer la anatomía mandibular. Precisó de injerto óseo de cresta iliaca en la unión de los dos fragmentos traccionados, que se reabsorbió.



**Ilustración 51.** Tras esta última cirugía, se tomó la impresión dental y se obtuvo el modelo de yeso para que el Técnico de Laboratorio Dental elaborara la férula radiológica para la tomografía.





Ilustración 52. Se realizaron extracciones de los premolares que no eran viables.



Ilustración 53. Férula radiológica o tomográfica que elaboró el laboratorio de prótesis dental para la tomografía.

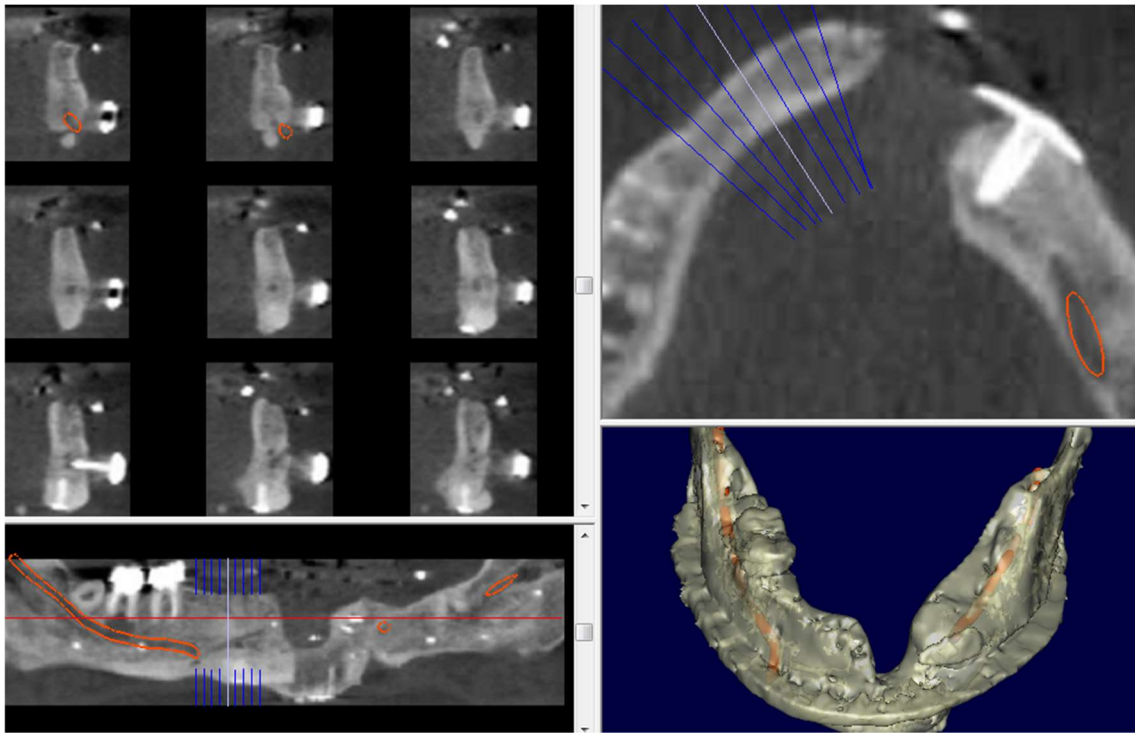


Ilustración 54. A partir de la tomografía computarizada, se realizó la Conversión y visualización con el programa informático Dental Slice de planificación de los implantes para la cirugía guiada.

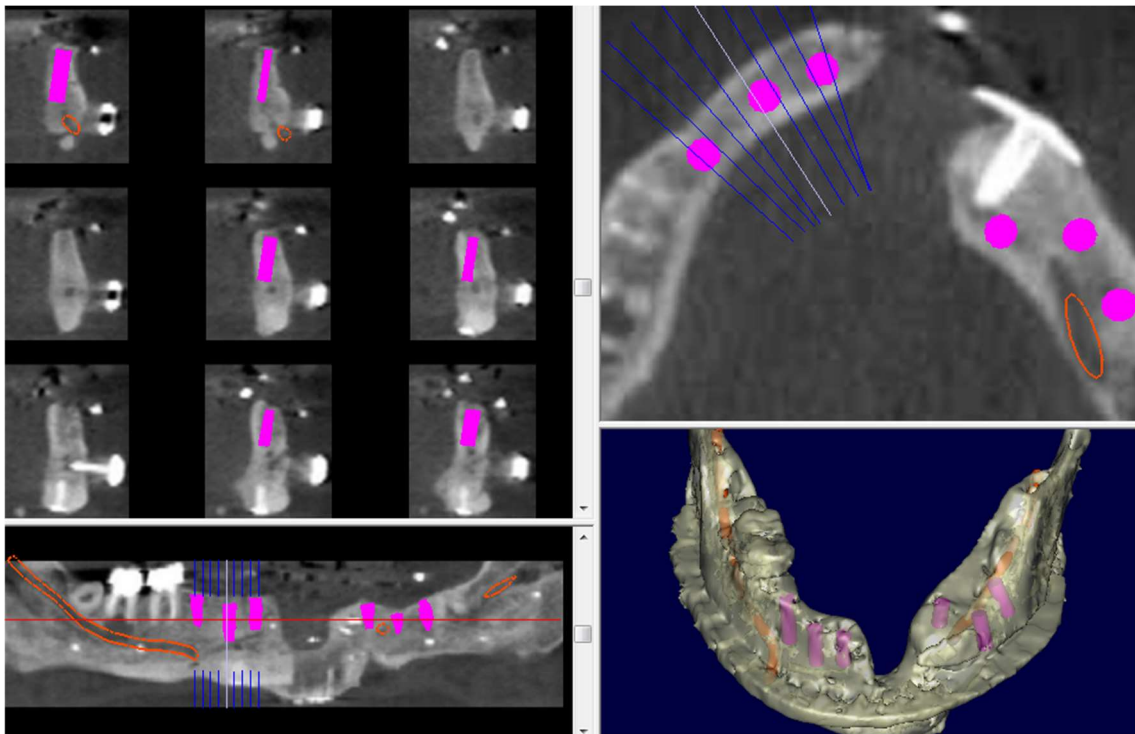


Ilustración 55. Planificación de los implantes sin tocar los tornillos de titanio de osteosíntesis respetando las estructuras anatómicas y buscando la mejor distribución para el soporte protésico.



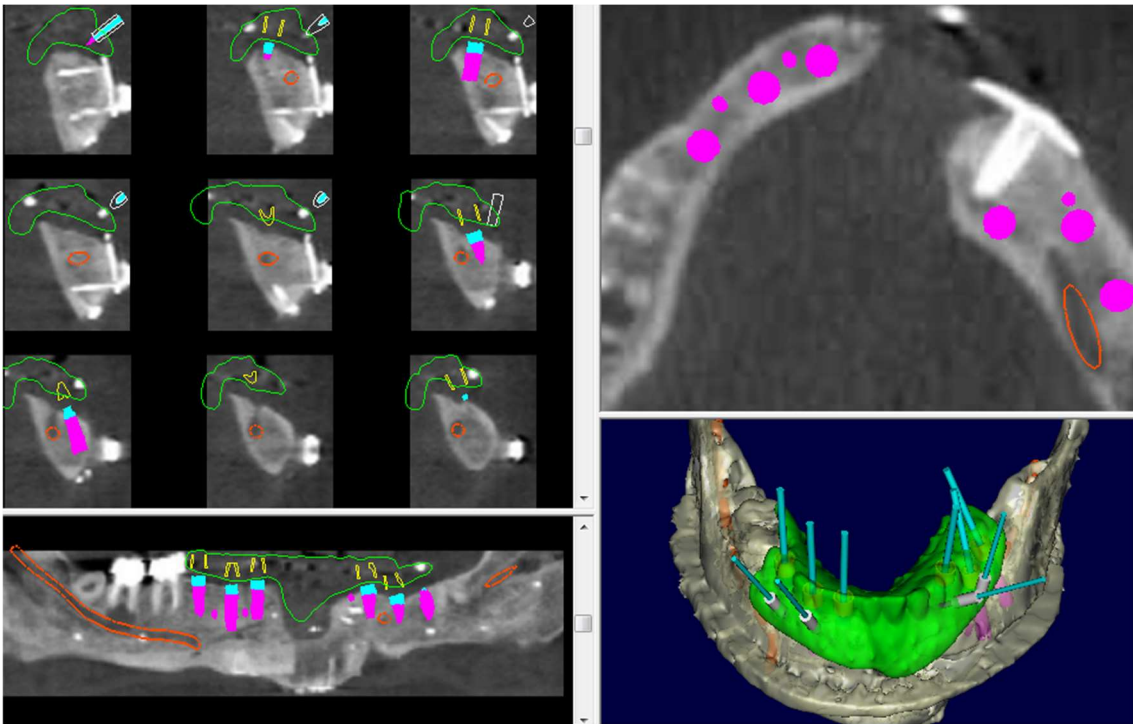


Ilustración 56. Planificación completa con los componentes protésicos y los pivotes pasadores para sujeción de la guía quirúrgica en el momento de la cirugía.

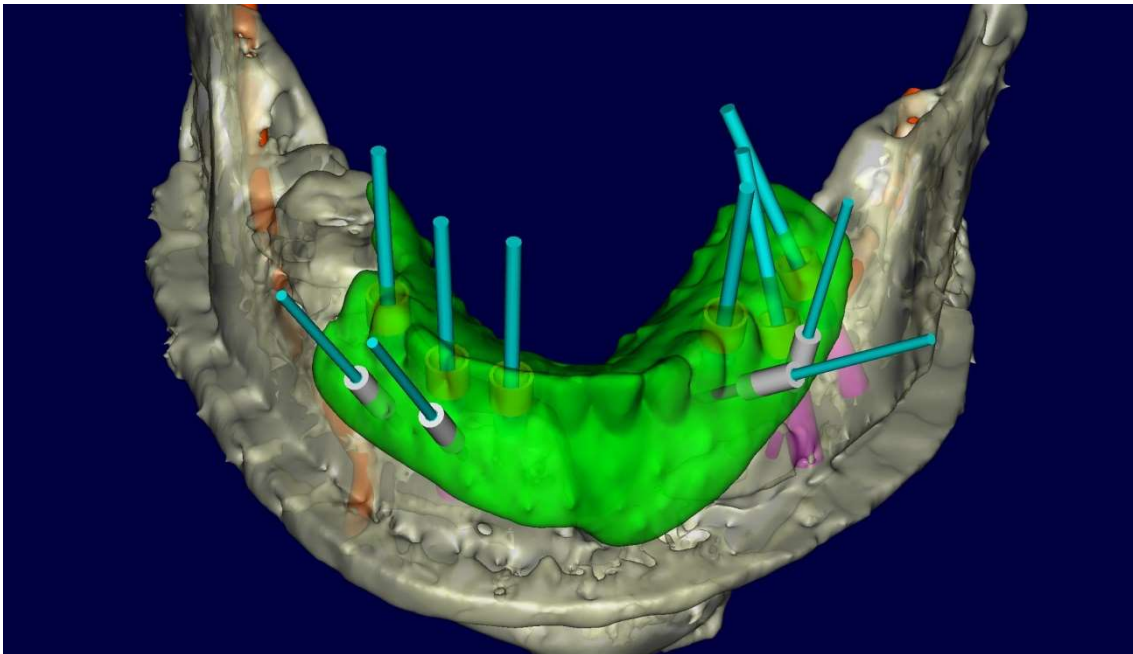


Ilustración 57. Planificación en la visión 3d transparentando las anillas cilíndricas que guiarán las perforaciones y colocación de los implantes dentales.



Ilustración 58. Férula guía quirúrgica para el fresado y la colocación de los implantes.



Ilustración 59. Implantes y componentes tanseptales colocados.



**Ilustración 60.** La prótesis se puede elaborar previamente a partir de la férula quirúrgica. En este caso tras la colocación de los implantes se tomó una impresión, que se envió al laboratorio para que fabricara la prótesis provisional que se instaló el mismo día de la intervención, en función inmediata.



**Ilustración 61.** Paciente en el postoperatorio inmediato. El tratamiento se realizó en mayo del 2010, El paciente perdió el implante anterior de la zona del injerto óseo.





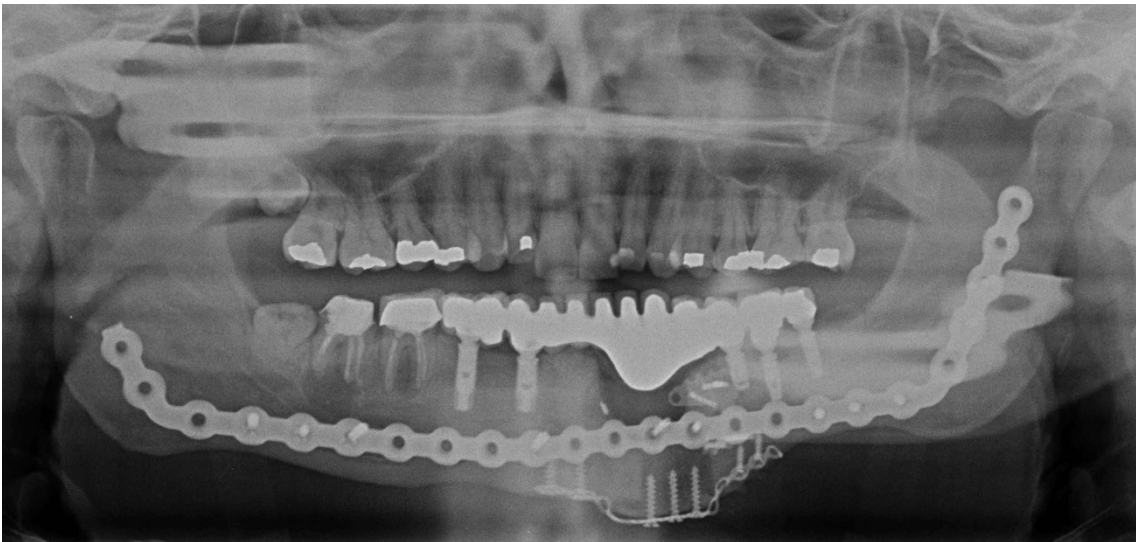
**Ilustración 62.** Paciente con la prótesis definitiva, con la que sigue hasta el día de hoy muy satisfecho con la calidad de vida que le proporciona la rehabilitación protésica funcional.



**Ilustración 63.** Otra toma del paciente rehabilitado.



**Ilustración 64. Otra toma ya en sonrisa normal.**



**Ilustración 65. Evolución del paciente.**



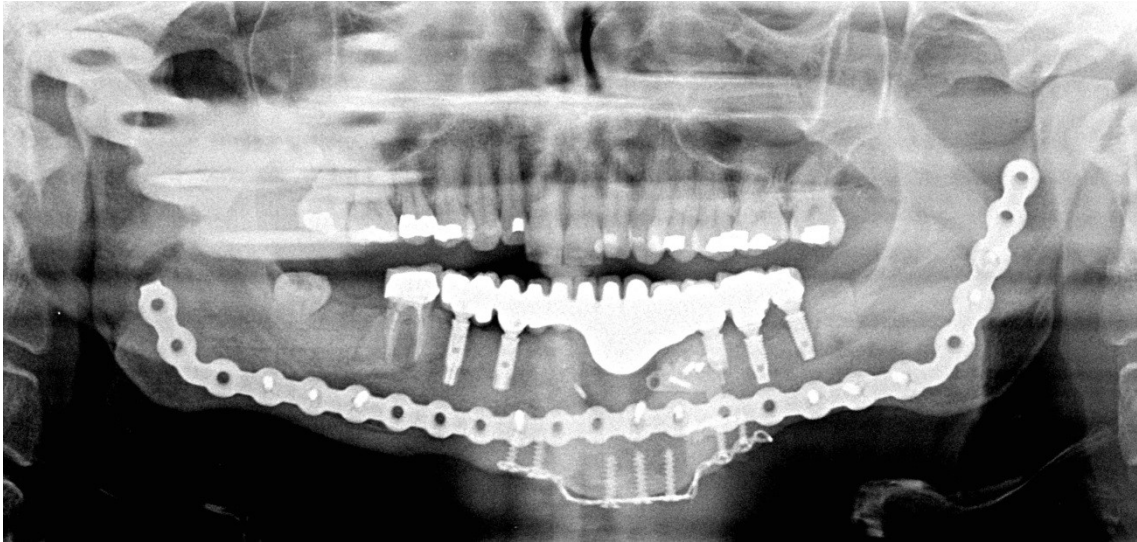


Ilustración 66. Evolución del paciente. Pérdida de un molar.

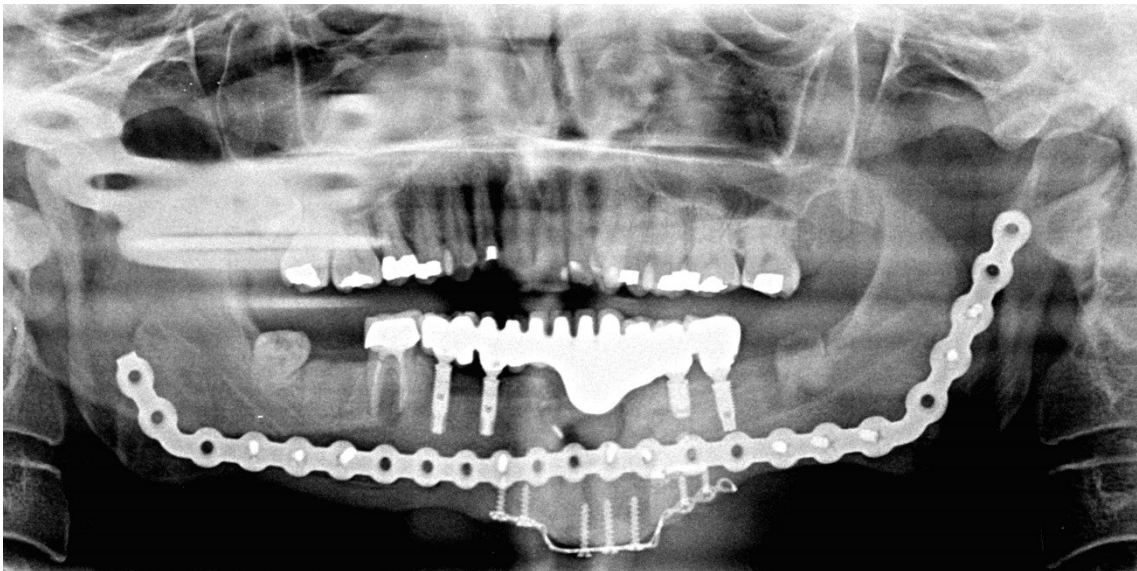
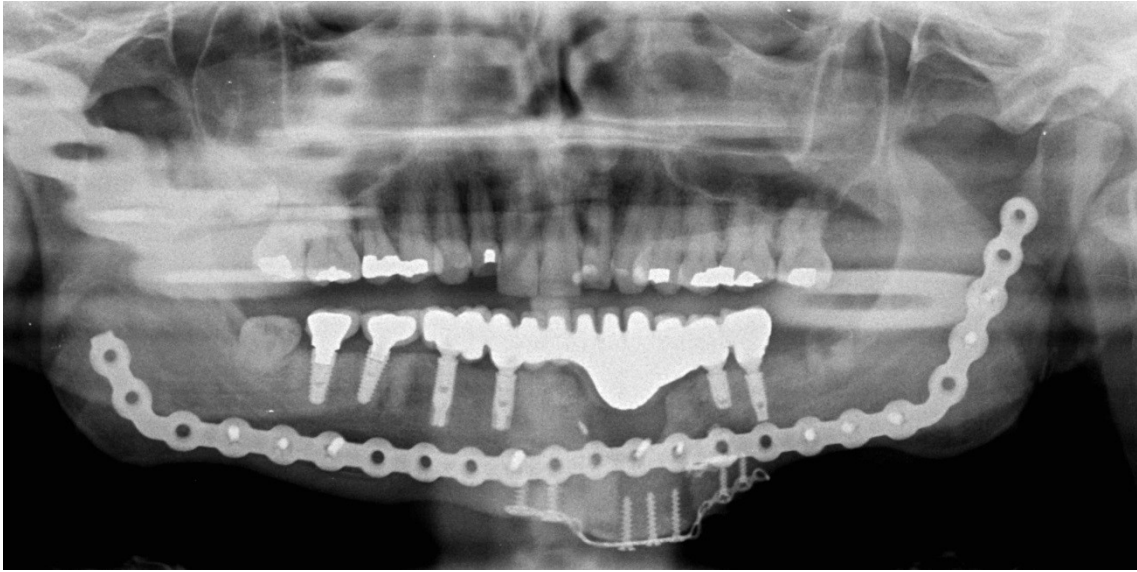


Ilustración 67. Pérdida del implante situado en la zona del injerto.



**Ilustración 68. Colocación posterior de dos implantes con prótesis unitarias.**

Existen casos especiales similares en la literatura <sup>[596]</sup>. O bien casos límite donde la cresta estrecha en filo de cuchillo, podía no indicar a priori la cirugía guiada; pero en contraposición los requerimientos médicos del paciente la podían aconsejar <sup>[591]</sup>.

Respecto a la Cirugía guiada con un injerto de tejido blando, se ha descrito un procedimiento microquirúrgico para insertar el injerto de tejido blando junto con la técnica de cirugía guiada. Es una operación muy delicada; la integridad vascular del periostio debe mantenerse para lograr buenos resultados <sup>[597]</sup>.

En 2002, el Dr. Daniel van Steenberghe, Profesor del Departamento de Periodoncia de la Universidad Católica de Leuven, Bélgica, y cols., colocaron seis implantes cigomáticos de longitud 45mm., (Nobel Biocare, Göteborg, Suecia) en tres cadáveres humanos usando guías de perforación quirúrgica.

La fabricación de estas guías de perforación hechas a medida se basó en los datos de tomografía computarizada tridimensional (3D-CT) para el complejo maxilar-cigomático. La instalación de los implantes se simuló preoperatoriamente utilizando un sistema de planificación 3D-CT adaptado.

Las mediciones anatómicas del hueso cigomático se realizaron en las imágenes 3D.

Las imágenes de tomografías preoperatorias se emparejaron con las postoperatorias para evaluar la desviación entre los implantes planificados e instalados.

La desviación angular entre lo planeado y los implantes colocados realmente fue menor de 3° en cuatro de seis casos.

La mayor desviación encontrada en el punto de salida de uno de los seis implantes fue de 2.7mm.

El presente estudio mostró que el uso de las guías de perforación quirúrgica inicial para la colocación de implantes cigomáticos podía ser posible <sup>[155]</sup>.

En el 2003, L. Vrielinck y cols. Del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial en Oral and Maxillofacial Surgery, Genk, Bélgica, considerando que para la colocación de implantes cigomáticos la precisión de la transferencia de la planificación preoperatoria al campo quirúrgico es aún más crucial, exploran las posibilidades de que las guías quirúrgicas de perforación sean compatibles para la colocación de implantes cigomáticos, pterigoideos y de implantes normales en maxilares severamente atróficos.

Evaluaron la precisión del protocolo de tratamiento e informaron de los resultados clínicos iniciales. Se incluyeron en el estudio los pacientes remitidos a su clínica para tratamiento de los maxilares superiores atróficos de manera consecutiva. Ningún paciente se negó a participar en el estudio.

El periodo de inclusión comenzó en diciembre de 1998 y terminó en marzo de 2001, habiéndose tratado en ese momento 29 pacientes (9 hombres y 20 mujeres). La edad media de los pacientes fue 56,4 años (con un rango de 37-71 años).

En general, los pacientes estaban en buen estado de salud. Todos los pacientes estaban edéntulos desde hacía más de un año en la región a tratar con implantes.

En la mayoría de pacientes se realizaba un tratamiento de rescate después de un fracaso de procedimientos de elevación de seno.

Cada maxilar se clasificó con respecto a la forma de la mandíbula y la calidad del hueso de acuerdo con el índice de Misch. La mayoría pertenecía a la calidad ósea de clase D4.

Los implantes cigomáticos disponibles tenían una longitud a partir de 30mm., y con incrementos de 2,5mm., hasta 50mm.

Para implantación de implantes en la región pterigoidea, se utilizó los implantes de plataforma regular estándar (Nobel Biocare, de Suecia).

Se colocaron un total de 67 implantes cigomáticos y 71 de plataforma regular.



Los pacientes fueron preoperatoriamente evaluados con respecto al tamaño del maxilar, volumen óseo, densidad ósea, relaciones mandibulares, distancia intermaxilar, relación oclusal y condiciones de la dentición antagonista.

Se llevó a cabo una evaluación completa del estado de salud general para garantizar que el paciente podría resistir una operación de 2 horas bajo anestesia general.

Se realizó un análisis preoperatorio de las condiciones anatómicas y posible patología maxilar con radiografías panorámicas y tomografía computarizada.

Los datos digitales de la tomografía computarizada fueron transferidos a una computadora personal usando el software SurgiCase (Materialise, Lovaina, Bélgica), y se diseñaron los planes de tratamiento para el uso óptimo de los volúmenes de hueso restantes.

La Guía de perforación personalizada o guía quirúrgica, se obtuvo usando tecnología de estereolitografía (Materialise, Lovaina, Bélgica) una vez finalizado el plan de tratamiento. En la mayoría de los casos, resulta imposible para combinar los cilindros para cigoma e implantes pterigoideos en una guía de perforación única. Esto es debido a que interfieren las anillas.

La guía de perforación quirúrgica se ajustó al hueso y se fijó con cuatro o cinco tornillos de osteosíntesis de 20mm.

Los implantes cigomáticos se colocaron primero y luego se siguió el procedimiento mediante las perforaciones de los implantes de plataforma regular, cuando así se había programado.

Las guías de perforación quirúrgica se retiraron antes de colocar los implantes. Los implantes cigomáticos se insertaron manualmente hasta que el ápice del implante se estabilizó en el hueso cigomático.

Después de un período de osteointegración de 6 meses, los implantes fueron descubiertos con anestesia local y se colocaron los pilares de cicatrización en los implantes.

Se consideró que la reconstrucción protésica había sido un éxito, y era estable en el examen clínico.

En el postoperatorio inmediato período, se realizó una tomografía computarizada para verificar la posición de los implantes cigomáticos e implantes pterigoideos.

En 12 pacientes seleccionados al azar, se procesaron los datos para realizar el estudio de validación a más largo tiempo.

Todos los pacientes tratados formaron parte del programa de seguimiento con el primer seguimiento que tuvo lugar después de 3 meses y el segundo después de 6 meses.

Después, los pacientes fueron programados para exámenes anuales. El período de seguimiento finalizó el 31 de marzo de 2001 con un total de 29 pacientes de seguimiento.

No se perdieron pacientes durante el seguimiento.

Al final del periodo de estudio, 25 pacientes habían sido seguidos durante 6 meses después de la cirugía de segunda fase, 16 han sido seguidos por 1 año, y 13 pacientes por 2 años. El tiempo medio de seguimiento para todos los pacientes era de 15 meses y 9 meses después de la cirugía de primera y segunda etapa respectivamente.

Los implantes de titanio, generan muy pocos artefactos. En consecuencia, las imágenes postoperatorias presentan muy poca distorsión.

Las imágenes del postoperatorio se superpusieron a las imágenes preoperatorias, haciendo uso del software de fusión. De esta manera se pueden comparar fácilmente las posiciones de los implantes planificados y los colocados.

Para calcular la desviación entre los implantes planificados y colocados el sistema de coordenadas se definió de la siguiente manera: el eje z es el cráneo caudal, el eje y es anteroposterior y el eje x el transversal de izquierda a derecha.

Para los implantes cigomáticos se comparó la angulación entre los ejes de lo planeado y del implante colocado real, así como la desviación de distancia total,  $d$  (mm) y desviación de distancia de izquierda-derecha ( $x$ ) y anterior-posterior ( $y$ ) y distancia ( $dx$ ,  $dy$ ) entre lo planificado y colocado. Y la posición de altura ( $z$ ) del punto crestal o coronal y apical del implante planificado.

Para los implantes regulares y pterigoideos, se calcularon la desviación angular, y desviación de distancia,  $d$  (mm) del punto coronal y apical.

Tras la segunda etapa quirúrgica y 1 año de seguimiento, la tasa de supervivencia acumulada fue del 93% para los implantes cigomáticos, 71% para los implantes de pterigoideos y 92% para los implantes de plataforma regular utilizando los criterios ya descritos.

El examen y recogida de datos de 12 postoperatorios se llevó a cabo, con un total de 18 implantes cigomáticos, 24 implantes de plataforma regular y 6 implantes pterigoideos.

Respecto a los implantes cigomáticos, el promedio de desviaciones de distancia en la corona del implante fue respectivamente de 2,8mm., (con un rango desde 1,0mm., a 7,4mm.), y en el punto apical de 4,5mm., (con un rango desde 0,3mm., a 9,7mm.).

El promedio de desviación del ángulo entre los ejes de la planificación y la posición resultante real fue de  $5,1^\circ$ , (con un rango desde  $0,8^\circ$  a  $9^\circ$ ).

Se repitieron los mismos cálculos para los implantes pterigoideos y los implantes de plataforma regular.

Para los implantes de plataforma regular, las desviaciones promedio de distancia en el punto coronal y apical del implante fueron respectivamente desde  $1,51\text{mm.}$ , (con un rango desde  $0,2\text{mm.}$ , a  $4,7\text{mm.}$ ) y  $3,07\text{mm.}$ , (con un rango desde  $0,4\text{mm.}$ , a  $6,4\text{mm.}$ ), mientras que la desviación media del ángulo entre los ejes de lo planeado y la posición real fue de  $10,46^\circ$ , (con un rango desde  $0^\circ$ , a  $21^\circ$ ).

Para los implantes pterigoideos, las desviaciones de distancia promedio en el punto coronal del implante fue de  $3,57\text{mm.}$ , (con un rango desde  $0,2\text{mm.}$ , a  $7,8\text{mm.}$ ) y apicalmente de  $7,77\text{mm.}$ , (con un rango desde  $1,1\text{mm.}$ , a  $16,1\text{mm.}$ ). En este caso, la desviación media del ángulo entre los ejes de lo planeado y lo real fue de  $10,18^\circ$  (con un rango desde  $1,7^\circ$  a  $18^\circ$ ).

Con la observación en el tiempo se ve que es un sistema predecible, permanente y con resultado exitoso del tratamiento. Los estudios previos mencionaban una tasa de éxito de los implantes del 85% en el maxilar severamente reabsorbido. En este estudio, las tasas de éxito fueron del 93% para el implante cigomático y del 92% para los implantes de plataforma regular. Respecto a los implantes pterigoideos, se consiguió un 71% de tasa de éxito.

Respecto a los cuatro implantes pterigoideos que se perdieron, la causa se atribuye a que estaban fuera de lugar y el implante no siguió la trayectoria inicial de perforación.

Los seis implantes de plataforma regular que fallaron, no mostraron estabilidad inicial en el hueso cuando el implante fue insertado. De hecho, todos los pacientes venían de una atrofia severa del maxilar y tenía hueso de baja calidad.

De acuerdo con la clasificación de Misch los pacientes tenían una baja calidad ósea clases D3 y D4 (31% D3 y 69% D4).

La precisión del procedimiento en conjunto depende en gran medida de la capacidad para posicionar con precisión la guía de perforación en el maxilar, y mantener esa posición estable durante todo el procedimiento.

Finalmente, el mayor error es probablemente debido al hecho de que el paso final del procedimiento se lleva a cabo manualmente sin ser guiado. La colocación del implante no puede hacerse guiado debido a las limitaciones mecánicas actuales.

La guía de perforación, por lo tanto, tiene que ser retirada antes de que el implante sea en realidad insertado, aunque quede la posibilidad de desviación adicional.

En la serie de pacientes con severa con atrofia ósea severa, respecto a las desviaciones que ocurrieron en el punto de entrada del implante real en comparación con la planificación inicial del tratamiento, que en el caso de los implantes cigomáticos fue de 2.7mm., en los implantes pterigoideos de 3,5mm., y en los implantes de plataforma regular de 1,5mm.; en opinión de los autores, se debía a la fragilidad y consistencia blanda del hueso en pacientes con atrofia ósea severa.

El uso del implante pterigoideo, en el contexto de este protocolo, probablemente debería ser reevaluado debido a las grandes desviaciones que se observaron.

Las desviaciones en angulación para los implantes indica la necesidad de un sistema de inserción de implantes guiados <sup>[603]</sup>. Y si es recomendable el combinar la cirugía guiada para los implantes convencionales en el sector anterior o para los implantes pterigoideos, con la cirugía a mano alzada convencional con implantes cigomáticos, e incluso usar la perforación crestal guiada de los implantes cigomáticos según la planificación <sup>[603]</sup>.

En el año 2009, Thomas J. Balshi, desde el Centro de implantes dentales Pi, Fort Washington, USA, publicó un artículo sobre un caso utilizando el nuevo protocolo especializado que desarrollaron de la cirugía de implantes dentales guiada por computadora, para la rehabilitación protésica de la maxila severamente atrófica, denominado: la solución no ósea, No Bone Solution™.

Se trataba de un paciente de 67 años con un historial médico comprometido que presentaba un maxilar severamente para rehabilitación con implantes dentales.

El paciente fue diagnosticado con diabetes, enfisema, presión arterial alta y síndrome de boca seca. Para complicar aún más las cosas, fumaba dos paquetes de cigarrillos al día y admitió tener un intenso bruxismo parafuncional y hábito de apretamiento.

Se siguió el plan de tratamiento utilizando el protocolo No Bone Solution™.

Se realizó la planificación virtual con el sistema y programa informático NobelGuide™.

Los datos de la planificación virtual de la computadora se transmitieron a una máquina de prototipado rápido para la producción de la plantilla o guía quirúrgica.

Usando esta plantilla, se obtuvo un modelo de yeso para elaborar la prótesis provisional atornillada antes de la cirugía de colocación de los implantes dentales.

Se realizó la cirugía guiada para la colocación de cinco implantes Brånemark y la colocación no guiada, a mano alzada, de cuatro implantes cigomáticos para soportar una prótesis provisional acrílica fija.

Se extrajo sangre antes de la cirugía, y se procesó para obtener el concentrado de plasma rico en plaquetas.

Y usando el protocolo Teeth In A Day<sup>®</sup> se instaló la prótesis provisional que se había elaborado previamente a la cirugía.

De esta manera, inmediatamente después de la cirugía, se le colocó al paciente una prótesis provisional atornillada y la prótesis definitiva se le colocó 5 meses después.

Para pacientes sin hueso maxilar alveolar remanente, la solución con el protocolo No Bone Solution<sup>™</sup> es un tratamiento ideal que evita el complejo injerto óseo y el largo tiempo de espera para la curación y osteointegración.

Proporciona a los pacientes con poco o ningún hueso la rehabilitación inmediata con prótesis fija no removible en solo un día.

El protocolo elimina la necesidad de injertos óseos y procedimientos largos invasivos más complejos<sup>[550]</sup>.

## EVITAR TÉCNICAS COMPLEJAS EN CASOS DE ATROFIA ÓSEA

Los modelos prototipados de nuestro estudio no presentan atrofia ósea; ya que no es un requisito significativo para el estudio de la precisión; pero en la planificación con pacientes es un aspecto muy a tener en cuenta.

La cirugía guiada puede ser una poderosa herramienta mínimamente invasiva para tratar los casos de atrofia ósea sin tener que recurrir a procedimientos más invasivos, que requieren meses de espera porque se consigue la más eficaz utilización del hueso disponible. Nos permite estudiar las zonas más apropiadas para recibir los implantes y ensayar virtualmente la colocación de los implantes dentales en las zonas más idóneas y con control de la densidad ósea.<sup>[448]</sup>

El TAC es valioso en todos los pacientes, principalmente en los edéntulos que presentan maxilares atróficos, donde la visualización de forma tridimensional del hueso disponible es primordial e imprescindible <sup>[1]</sup>.

Las otras técnicas que se aplican en casos de atrofia, son más complejas, tienen una determinada tasa de éxito, y un tiempo de espera de meses para que se regenere el hueso que necesitamos como soporte óseo de los implantes que considerablemente retrasa la entrega de las prótesis dentales definitivas <sup>[550-552]</sup>.

Es necesario conocer profundamente todas las posibles técnicas en implantología para poder diagnosticar con fundamento y criterio en qué casos la cirugía guiada puede estar indicada o incluso ser la de elección <sup>[595]</sup>.

Un estudio de Fortin y colaboradores en el 2009, informa sobre la colocación de implantes guiados como una alternativa al aumento óseo. Este estudio informó una tasa de supervivencia del implante del 98% después de 4 años en casos parcialmente edéntulos con maxilares severamente reabsorbidos <sup>[450]</sup>.

Y un estudio de Barter en el 2010 se basó en pacientes tratados previamente con injerto óseo extenso de maxilares severamente reabsorbidos. Informaron una tasa de supervivencia del implante del 98% y una tasa de supervivencia de la prótesis del 100% después de más de 4 años <sup>[450]</sup>.

### *Longitud del implante*

Al principio de la implantología, se solían colocar implantes de gran longitud, siempre que se dispusiese de la altura ósea necesaria. Los implantes dentales de longitud convencional mayores de 10mm., han demostrado su eficacia en la rehabilitación estética y funcional del aparato estomatognático con una supervivencia del 95,5% - 99% en mandíbula y 84 - 99% en el maxilar a los 5 años <sup>[47,48]</sup>.

Según autores, por cada 3 milímetros que aumenta la longitud de un implante cilíndrico, el área superficial aumenta el 20-30%. Por ello, algunos estudios sobre carga inmediata han mostrado mayor porcentaje de fracasos con implantes de 10 milímetros de longitud o menos; por lo que, en estos casos, la carga diferida sería preferible a la inmediata.

Algunos autores como Jaffin y cols., y Gallucci y cols., reducen la longitud mínima de los implantes a 8mm. <sup>[304]</sup>. Otros autores llegan a colocar implantes de 7mm., para carga inmediata.

### *Implantes cortos*

En el estudio utilizamos implantes de longitud estándar, y de uso habitual en la clínica. No obstante, la escasa altura ósea remanente es un factor limitador de la longitud de los implantes, con una gran prevalencia en la población que acude a rehabilitarse con prótesis sobre implantes dentales. Con la cirugía guiada se facilita la planificación de tratamiento con implantes cortos, la correcta perforación y colocación de los implantes. Los implantes cortos son una alternativa que se ha difundido en los últimos años y que se ha hecho realidad gracias a las innovaciones tecnológicas en el diseño de los implantes, que facilita el uso y aplicación de la técnica. La capacidad de masticación, sin embargo, depende de la distribución de los implantes en la arcada <sup>[451]</sup>.

La colocación de implantes de gran longitud no solo no es necesaria, ya que las fuerzas de estrés máximas se concentran en los primeros milímetros del implante en contacto con el hueso; sino que además puede ocasionar problemas biológicos o técnicos, como un calentamiento excesivo del hueso ante la dificultad de refrigerarlo durante la preparación del lecho del implante, la dificultad en el uso de las fresas largas de la cirugía guiada cuando el paciente presenta una apertura bucal limitada impidiendo el fresado del lecho y la inserción del implante, y una mayor dificultad en su retirada en caso de fractura o fracaso del mismo <sup>[452]</sup>.

La literatura clásica decía que cuando no existe suficiente altura ósea para la colocación de implantes de al menos diez milímetros de longitud, (según autores), se debe recurrir a técnicas quirúrgicas de aumento óseo vertical para la colocación posterior de implantes dentales <sup>[453]</sup>.

Esta limitación respecto a la altura ósea, es más frecuente en los sectores posteriores de ambos maxilares, debido a la presencia del nervio alveolar inferior y del seno maxilar neumatizado, especialmente, en casos de atrofia de la cresta ósea alveolar <sup>[454,455]</sup>.

No existe consenso en la literatura sobre la longitud que debe tener un implante para ser considerado como un implante corto <sup>[456]</sup>. La mayor parte de autores coinciden en que debe ser inferior a 10mm., aunque otros autores ya consideran 10mm., como implante corto <sup>[457]</sup>.

Los primeros trabajos publicados en la literatura que estudiaron los resultados clínicos de los implantes cortos utilizaban implantes maquinados, con superficie pulida, ofreciendo una menor tasa de supervivencia que los implantes maquinados largos cuando se colocaban en hueso tipo IV, especialmente en el maxilar posterior. Sin embargo, los estudios más recientes han sido realizados en su mayoría con implantes de superficie tratada, consiguiendo una mayor supervivencia (98,8-99%) <sup>[456,458]</sup>.

En las últimas revisiones sistemáticas publicadas, se determinó que los implantes cortos de superficie rugosa pueden alcanzar la misma tasa de éxito que los implantes de longitud convencional, en la rehabilitación de pacientes desdentados posteriores con prótesis parciales fijas <sup>[222,459,460]</sup>. Diversos autores refieren altas tasas de supervivencia y éxito para los implantes cortos <sup>[462-467]</sup>.

Algunos autores proponen la colocación de implantes cortos, si se puede conseguir buen anclaje en la cortical crestral, incluso en aquellos casos en los que es posible la colocación de implantes convencionales; porque los implantes largos, en caso de sobrecarga oclusal, podrían presentar complicaciones mecánicas (rotura del implante o del tornillo oclusal, aflojamiento del tornillo) al ser su anclaje más rígido, especialmente si están bicorticalizados <sup>[461]</sup>.

En el año 2015, Papi Piero y cols., del Departamento de Oral y Maxilofacial de la Universidad de Roma, en un análisis de elementos finitos, comentan que aumentar la longitud del implante no siempre resulta en una mejor distribución de las fuerzas de estrés al implante, pilar y hueso <sup>[461]</sup>. Si el anclaje cortical del cuello del implante es fuerte, la influencia de la longitud es menos importante.



Según J. González Lagunas, del Servicio de Cirugía Oral Maxilofacial e Implantología, del Hospital Quirón, Barcelona, la mala calidad del hueso, reabsorciones extremas y la presencia de la cavidad del seno maxilar constituían obstáculos insalvables para la rehabilitación implanto-soportada en el sector posterior del maxilar atrófico [468].

En el año 2003, el Profesor Georges Tawil, Profesor del Departamento de Periodoncia y Director de Estudios Postdoctorales de la Universidad de Saint Joseph en Beirut, Líbano y cols., realizaron un estudio aplicado en 111 pacientes tratados con 269 implantes Brånemark de 10mm. y otros más cortos de 7 y 8mm. [469].

Del total de los implantes, el 88,8% se colocaron en la mandíbula y el 11,2% se colocaron en el maxilar superior. El 95,2% se usó para tratar casos parciales, incluyendo pérdidas de un solo diente, de las cuales el 96,6% estaban en las regiones premolar y molar.

Los pacientes se siguieron por períodos de 12 a 92 meses. De los 269 implantes colocados, 12 se perdieron. La tasa de supervivencia global fue del 95,5%. En el 88,8% de los sitios tratados, la calidad ósea era 2 y 3 de la clasificación Lekholm-Zarb [470].

No hubo diferencias estadísticas en la tasa de supervivencia de los implantes de 10mm., cuando se compararon con otros más cortos o entre los diferentes diámetros de los implantes. La calidad ósea parece ser el factor crítico en la supervivencia del implante, en lugar de la cantidad de hueso, en esta serie de pacientes.

Este estudio respalda la supervivencia de los implantes cortos de superficie mecanizada cuando se usan para el tratamiento del edentulismo parcial [469].

En el año 2005, Carl E. Misch Profesor y Director del Departamento de Implantología Oral de la Facultad de Odontología de la Universidad de Temple, Filadelfia, USA., y cols., encontraron que la mayoría de los estudios indican que la pérdida ósea marginal disminuye en su mayor parte pasado el primer año de carga; es mínima después y está influenciada por el trauma oclusal [471].

En el año 2007, Maló Director de la Clínica Maló en Lisboa, Portugal y cols., incluyeron en un estudio a 170 pacientes tratados consecutivamente con 383 implantes cortos (7 – 8,5mm.) (Brånemark System®; NobelSpeedy®; Nobel Biocare AB, Gotemburgo, Suecia) que sustentaron 251 prótesis fijas [472].

Ciento veintidós de los implantes tenían 7mm., de largo y 261 tenían 8,5mm., de largo; siendo 256 implantes tratados con superficies maquinadas y 127 implantes con superficies oxidadas (TiUnite™, Nobel Biocare AB, Gotemburgo, Suecia).

Los pilares definitivos se instalaron en el momento de la cirugía, y las prótesis finales se colocaron a los 4-6 meses después.

Ciento diez de los implantes de 7mm., (90%) pasaron el seguimiento al año, 103 (84%) pasados los 2 años y 43 (35%) pasaron los 5 años de seguimiento. Cinco implantes fallaron en cuatro pacientes, antes de los 6 meses de seguimiento, lo que significa una tasa de supervivencia acumulada del 95,9% a los 2 años.

La resorción ósea promedio fue de 1mm., después del primer año.

Doscientos veintiséis de los implantes de 8,5mm., (86,6%) pasaron el seguimiento al año y 207 (79,3%) pasados los 2 años; y 68 (26,1%) pasaron los 5 años de seguimiento.

Ocho implantes fallaron en siete pacientes antes del seguimiento de 6 meses, lo que arroja una tasa de supervivencia acumulada del 96,9% a los 2 años.

La resorción ósea promedio fue de 1,3mm., después del segundo año.

Las tasas de supervivencia acumulada de 95,9% y 96,9% a los 2 años para los implantes de 7mm., y 8,5mm., de longitud respectivamente, indican que, dentro de las limitaciones de este estudio, los implantes Brånemark de una etapa pueden usarse para rehabilitar ambas mandíbulas <sup>[472]</sup>.

En el año 2009, el Dr. Mariano Sanz, del Departamento de Prostodoncia de la Universidad Complutense de Madrid, España, y cols., concluyeron que, en pacientes parcialmente desdentados, el uso de cantilevers o voladizos, cortos de un solo diente, no se asoció con una pérdida significativa de hueso marginal periimplantaria, ni del implante cercano al voladizo ni de los otros implantes. La supervivencia de los implantes fue alta, 91,9% con voladizos y 95,8% sin ellos <sup>[473]</sup>.

En el año 2011, el Dr. Hua Ling Sun, Investigador Asistente del Departamento de Prostodoncia del Hospital Universitario de Estomatología de Wuhan, China y cols., en una revisión sistemática de 14.722 implantes cortos, de las bases de datos de PubMed y Cochrane de los estudios publicados entre 1980 y 2009, con implantes de 10mm., o de menor longitud, en un total de 35 estudios en humanos, obtuvieron una tasa de no osteointegración del 4,5% a causa de 659 implantes <sup>[474]</sup>.

Estudiaron implantes de 6, 7, 7'5, 8, 8'5, 9 y 10mm., y obtuvieron una tasa de supervivencia del 95,9%, 94,1%, 100%, 97,5%, 96,8%, 99,4% y 93,5% respectivamente. La mayor parte de los fracasos, 57,9%, ocurrieron antes de la conexión protésica.

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las tasas de fallo de los implantes dentales cortos y los implantes estándar o entre los colocados en una sola etapa y los colocados en dos etapas.

Hubo una tendencia hacia mayores tasas de fracaso de osteointegración en el maxilar y en los implantes dentales con una superficie mecanizada en comparación con la mandíbula y los implantes dentales con una superficie rugosa, respectivamente.

Entre los factores de riesgo examinados, la mayoría de los fallos de los implantes cortos se pueden atribuir a la mala calidad del hueso en el maxilar y una superficie mecanizada. Aunque los implantes cortos en mandíbulas atrofiadas pueden lograr pronósticos similares a largo plazo como los implantes dentales estándar con un diseño protésico razonable; según esta revisión, es esencial contar con una evidencia más sólida para confirmar este hallazgo <sup>[474]</sup>.

En el año 2012, el Profesor Hong-Chang Lai, del Departamento de Implantología Oral y Maxilofacial de la Facultad de Medicina en el Hospital Shanghai Ninth People's de la Universidad de Shanghai, China, y cols., no encontraron diferencias significativas en la supervivencia entre implantes de 6mm., (97%) o de 8mm., (98,5%), tras 7 años de seguimiento medio <sup>[466]</sup>.

En el año 2013, el Dr. Daniel Rodrigo, profesor invitado del Departamento de Medicina Oral y Periodoncia de la Universidad Complutense de Madrid, y cols., con implantes Straumann de 6mm., de longitud y superficie SLA obtuvieron una tasa de supervivencia de 96,4% tras 6 años de seguimiento <sup>[463]</sup>.

Cono Morse

En el año 2016, Adriane Yaeko Togashi, del Departamento de Periodoncia e Implantología de la Facultad de Odontología de Cascavel, Brazil, y cols., estudiaron la pérdida de hueso marginal alrededor de los implantes de conexión de Cono Morse <sup>[475]</sup>.

Una de las ventajas de los implantes de conexión tipo Cono Morse es la ausencia de una interface implante-pilar a nivel de la cresta ósea. Los estudios muestran menos pérdida ósea marginal alrededor de este tipo de implantes dentales.

El objetivo del estudio fue evaluar la pérdida ósea marginal radiográfica alrededor de los implantes de Cono Morse cortos y la tasa de supervivencia de estos implantes a los 7, 30 y 90 días de su colocación en mandíbulas severamente reabsorbidas.

Se dividieron a doce pacientes en dos grupos: al grupo de estudio se les colocaron 20 implantes de 6mm., de longitud y 3,75mm., de diámetro, y al grupo de control se les colocaron 20 implantes de 8mm., de longitud y 3,75mm., de diámetro.

Todas las cirugías se realizaron con los mismos protocolos. Los implantes se colocaron entre 1 y 2mm., subcrestales.

La media de la distancia de la cresta ósea al hombro del implante fue de 1,36mm., (SD = 1,01) por mesial y 1,10mm., (SD = 0,87) por distal superficie para los implantes de 6mm., y 1,42mm., (SD = 0,83) en mesial y 1,15mm., (SD = 0,76) en distal para los implantes de 8mm., a los 90 días de la colocación de los implantes.

Las diferencias en altura entre los 7 y 90 días por mesial y distal fueron para los implantes de 6mm., de largo 0,42mm., y 0,32mm., y para los implantes de 8mm., de largo de 0,73mm., y 0,53mm.

No hubo diferencias significativas estadísticas entre los grupos en cualquiera de los puntos estudiados. Dos de los 40 implantes se perdieron (uno por grupo), que corresponde a una tasa de supervivencia del 95%.

Comentan los autores que, en el maxilar posterior, implante la colocación de implantes más largos puede estar limitada por la extensión del seno maxilar y, en la mandíbula posterior, por el nervio alveolar inferior.

Se ha demostrado la posibilidad de la colocación de implantes cortos en áreas con baja altura ósea sin la necesidad de cirugía avanzada o regeneración ósea.

Otras técnicas para el aumento de cresta ósea vertical y horizontal como el hueso autógeno, regeneración ósea guiada, transposición del nervio alveolar inferior, elevación de seno maxilar; se asocian con alta morbilidad.

En el estudio, la colocación de la mayoría de los implantes (70%) se situó en la mandíbula distal al foramen y en hueso tipo II o III de acuerdo con la clasificación de Misch

Los implantes cortos presentan desventajas en términos de estabilidad y estrés, por lo tanto, se recomiendan implantes de mayor diámetro en para obtener una mayor área de superficie de contacto y para soporte de las cargas oclusales.

Otra desventaja es la relación corona / implante desfavorable. Pero las ventajas de los implantes cortos son importantes en comparación con los implantes largos, como minimizar la necesidad de tratamiento óseo largo en el tiempo, menos incomodidad y costo; menor riesgo quirúrgico; menor riesgo de complicaciones en el seno maxilar o de parestesia durante osteotomía, posibilidad de afectación de la raíz del diente adyacente, y facilidad de uso.

En el estudio se utilizaron implantes de diámetro estándar de 3,75mm., que está directamente relacionado con los volúmenes óseos normalmente disponibles.

Concluyeron en este estudio, que los implantes de 6mm., de largo tienen niveles similares de reabsorción ósea a la de los implantes de 8mm., de largo.

#### Ultracortos

En el año 2017, respecto a los implantes ultracortos R. Ewers, profesor del Hospital Universitario de Cirugía Oral y Cráneo Maxilofacial de Viena, Austria, y cols., reflejaron que desde 2011 estaban realizando estudios con implantes ultracortos de 4mm., × 5mm., en pacientes con atrofia extrema del maxilar superior con menos de 6mm., de altura de hueso y atrofia extrema de la mandíbula con menos de 7mm., de altura de hueso <sup>[476]</sup>.

Colocaron implantes en 40 pacientes en el maxilar y en la mandíbula en la región interforaminal.

Tras un seguimiento de más de 4 años, informan de un resultado extremadamente bueno con menos del 3% de pérdidas de implantes debido a la osteointegración.

Similares buenos resultados también observaron en pacientes con complicaciones por reimplantación o en hueso comprometido <sup>[476]</sup>.

Se ha comprobado que los implantes cortos en mandíbula atrófica poseen una buena aceptación entre los pacientes y, también, un resultado satisfactorio en la realización del procedimiento, evidenciando así una nueva manera de tratamiento para la implantación diferenciada de los tratamientos convencionales que pueden ocasionar un desgaste

traumático hacia el individuo debido al número mayor de cirugías de injerto a que éste generalmente se somete <sup>[477]</sup>.

### *Implantes inclinados*

En el estudio, inclinamos ligeramente algunos implantes en la planificación según los condicionantes óseos y requisitos protésicos, sin sobrepasar el límite que nos impone la necesidad de paralelismo de los implantes y de los componentes protésicos.

En ocasiones, la disponibilidad ósea requiere la colocación de implantes inclinados no perpendiculares a la cresta ósea y no hay posibilidad de paralelismo entre los implantes tridimensionalmente <sup>[485,486]</sup>.

Los resultados de un estudio sugieren que la inclinación distal de los implantes reduce la fuerza axial y no aumentan los momentos de flexión cuando se utilizan cuatro o cinco elementos <sup>[478]</sup>.

Dominar la entrada tridimensionalmente de la fresa es crítico en el procedimiento, donde la posibilidad de fenestración y de dehiscencia relacionada con la angulación de la fresa es importante <sup>[50]</sup>. Es crucial para evitar la perforación de las corticales, tanto linguales como bucales, especialmente en lingual en la mandíbula, área molar y maxilar anterior <sup>[50]</sup>.

En el 2000, Leonard Krekmanov, Profesor Asociado del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital Central Universitario de Huddinge, Västerås, Suecia, realizó una investigación con el propósito de modificar el método de perpendicularidad para la colocación de implantes en las zonas posteriores de las arcadas dentales para rehabilitación con prótesis fijas con implante utilizando cirugía mínimamente invasiva <sup>[451]</sup>.

Colocó ochenta y seis implantes de modo inclinado, situados posteriormente a los forámenes mentonianos, en pacientes con mandíbulas con severa reabsorción; y 75 implantes fueron colocados en la zona posterior de maxilares superiores severamente reabsorbidos.

Se realizó injerto óseo en mandíbula o en el seno maxilar en 9 pacientes con maxilas severamente atróficas. En todos los pacientes, el uso óptimo de las características anatómicas de la arcada se logró al inclinar los implantes. Los pacientes fueron seguidos de 12 a 123 meses después de la instalación de la prótesis con una media de 18 meses. Se perdieron tres implantes maxilares en el momento de la conexión del pilar: 1 a nivel pterigoideo, 1 cerca de la pared posterior del seno y 1 colocado en la cortical palatina. Un implante presentaba movilidad aproximadamente 1 año después, aparentemente debido a un mal ajuste de la prótesis. En la mandíbula, no se perdieron implantes. Este procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo puede ser aplicable para el tratamiento de las zonas posteriores fuertemente reabsorbidas <sup>[480]</sup>.

#### Técnica All on Four

El uso de prótesis fijas colocadas de manera inmediata, representa una opción de tratamiento válida para cierto tipo de pacientes permitiendo la colocación de implantes y prótesis durante el mismo proceso <sup>[482]</sup>. Uno de estos protocolos es el concepto “All on four”. A través de la colocación de 4 implantes es posible la rehabilitación de un maxilar totalmente edéntulo, con mínimo volumen óseo <sup>[259,483]</sup>.

Los implantes se colocan estratégicamente: 2 angulados posteriores y 2 anteriores con una estabilidad primaria que permite obtener una alta probabilidad de buen resultado <sup>[484]</sup>. Es una alternativa viable de protocolo de tratamiento tanto en maxilar superior como en mandíbula <sup>[21]</sup>, para soportar una dentadura completa fija con implantes distales largos, en una trayectoria inclinada para minimizar la longitud del voladizo o cantiléver <sup>[487]</sup>.

Es una Técnica que por diferentes razones ha sido ampliamente difundida, y a la que se han propuesto diferentes modificaciones <sup>[489]</sup>.

Puede ser una alternativa de tratamiento a procedimientos más invasivos <sup>[490]</sup>.

El concepto “All on four” es un tratamiento aceptable en ambos maxilares, cuando planificamos rehabilitación cerámica en un maxilar superior con pobre calidad ósea (tipo III o IV). Podría ser más prudente de modificar el protocolo “all on four” en el protocolo

“all on six”, añadiendo 2 implantes angulados distales con emergencia protésica a nivel del segundo premolar o primer molar <sup>[259,488]</sup>.

La técnica puede tener sus complicaciones protésicas si se siguen algunas recomendaciones iniciales que resultaron precipitadas <sup>[491,492]</sup>.

El tratamiento guiado por implantes por computadora con el concepto de función inmediata All-on-Four, permite planificar posiciones óptimas de implantes y ejecutar de manera precisa la planificación.

En el año 2006, Herman K. Kupeyan Profesor adjunto asociado de la Universidad de Michigan, Ann Arbor, Mi, USA, y práctica privada en Windsor, Ontario, Canadá y cols., publicaron un artículo motivados por el objetivo quirúrgico de reconstrucción de la base ósea de las mandíbulas, lo que permitió colocar implantes y la rehabilitación protésica definitiva utilizando el concepto Teeth-in-an-Hour<sup>TM</sup> al cabo de 4 meses <sup>[449]</sup>.

En trabajo se realizó en un paciente completamente edéntulo al que se le practicaron injertos óseos de la cresta ilíaca para aumentar ambas crestas alveolares maxilares y mandibulares. La colocación del implante fue a los 4 meses después de la reconstrucción del injerto óseo.

Se partió de una planificación de implantes, y obtención de la guía quirúrgica para al final la colocación inmediata de una prótesis definitiva prefabricada.

Este enfoque redujo el tiempo necesario para que un paciente edéntulo gravemente atrófico sea restaurado protésicamente, a través de carga inmediata con una prótesis definitiva implantoportada.

Determinan se contó con la notable precisión del software, cirugía breve mínimamente invasiva y recuperación rápida sin incidentes con molestias mínimas.

Es un beneficio no solo para el paciente, sino también para el equipo que realiza el tratamiento <sup>[449]</sup>.

En el año 2017 Tsutomu Sugiura y cols., del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial de la Universidad de Medicina de Kashihara, Japón, en un estudio in vitro reflejan que los implantes inclinados pueden tener menor incidencia de micromovimientos que los implantes axiales bajo carga oblicua mesiodistal. El micromovimiento máximo observado



en la interfaz hueso-implante está dentro de los límites aceptables para implantes con osteointegración en los modelos de carga inmediata <sup>[493]</sup>. Los valores máximos de micromovimiento se vieron fuertemente influenciados por la dirección de carga. Las prótesis completas fijas mandibulares sin voladizos pueden resultar en una reducción favorable de la tensión ósea periimplantaria durante el período de curación, en comparación con los voladizos <sup>[481]</sup>.

### *Implantes pterigoideos*

En los modelos prototipados utilizados en el estudio no utilizamos implantes pterigoideos para el estudio de la precisión, pero puede ser un motivo para futuras tesis. La cirugía guiada nos puede aportar precisión y predictibilidad en la colocación de los implantes pterigoideos <sup>[494]</sup>. Es de esencial importancia el conocimiento previo de la región pterigoidea. <sup>[495]</sup>

El objetivo de esta técnica es la bicorticalización del implante fijando la porción apical del mismo dentro de un hueso denso, como la unión del borde anterior del proceso pterigoideo del esfenoides y el borde posterior de la tuberosidad del maxilar.

El área media entre estas dos estructuras, la porción horizontal del palatino, es de gran interés al ser una estructura compacta de unos milímetros de grosor ideal para la fijación de implantes.

Para lograr el bicorticalismo se usarán implantes de longitud suficiente para atravesar la pared cortical superior del proceso pterigoideo.

Como consideraciones ergonómicas se debe determinar el espacio intermaxilar disponible durante la apertura máxima, ya que se necesitan 35mm., de distancia entre el lecho implantar y el antagonista para ejercer todas las maniobras para la instrumentación e instalación del implante <sup>[496]</sup>.

No obstante, la dirección del fresado favorece el posible uso de la cirugía guiada.

### *Implantes post extracción*

En el estudio sobre modelos prototipados no se realizaron extracciones de los dientes artificiales porque no hubieran aportado más información de la precisión, no obstante, es una situación clínica usual y que mantiene hoy en día una activa controversia sobre las posibilidades de tratamiento. En un artículo en que utilizan el mismo software Dental Slice concluyen que, las exodoncias de los dientes remanentes se pueden realizar en la misma sesión de la instalación de los implantes por la técnica de la cirugía guiada virtual siempre que se realice una adecuada planificación inversa <sup>[497]</sup>.

Para prevenir hemorragias involuntarias, en casos que involucran colocación inmediata, se recomienda no utilizar el alveolo post extracción como guía para la angulación <sup>[419]</sup>.

Lindfors expone que el proceso alveolar se reabsorbe tras la pérdida de dientes, lo que puede dar lugar a defectos alveolares con hueso insuficiente para la colocación de implantes dentales <sup>[88,89]</sup>.

El volumen óseo se va reduciendo tanto en anchura como en altura, sobre todo en las primeras semanas luego de la extracción, y estos cambios afectan la función y la estética del paciente, más aun cuando la pérdida es en un diente anterior <sup>[90]</sup>.

Con el fin de realizar implantación inmediata se necesitan geometrías de implante que se adapten adecuadamente al alveolo y así, el espacio con el hueso adyacente sea lo menor posible lo cual va a favorecer la osteogénesis de contacto y la disminución del tiempo de curación ósea periimplantaria <sup>[42]</sup>. La implantología post extracción puede ser una técnica segura que muestre porcentajes de éxito muy cercanos a los que pueden obtenerse mediante el posicionamiento "convencional" de los implantes. Permite acortar considerablemente los tiempos de tratamiento, y evitar una segunda cirugía de implantación; consiguiendo además el mantenimiento de las estructuras alveolares y llegando incluso a incrementarlas en muchos casos, gracias al aporte de las técnicas osteoinductivas. La reabsorción ósea que se produce en el tiempo de 2-3 semanas no perjudica el sucesivo posicionamiento del implante y consecuentemente, no debe condicionar la decisión sobre la opción terapéutica. La metodología post-extracción está justificada y los protocolos asociados a las mismas como válidamente ejecutables <sup>[219]</sup>.

Como inconvenientes están el requerir, generalmente, técnicas de regeneración ósea guiada con membranas, con el riesgo de exposición e infección de la misma; y la necesidad de injertos mucogingivales para el cierre del alvéolo y/o cubrir las membranas. Se ha postulado que el alveolo postextracción puede sufrir reabsorciones verticales de 3-4mm., en los 6 meses posteriores a la exodoncia si no se realizan técnicas de regeneración [42].

Respecto a la regeneración ósea guiada del alvéolo, no existe un consenso entre los diferentes autores en cuanto a la utilización de membranas y el tipo de material de relleno. El cierre primario de la herida es algo deseable aunque para algunos autores no tiene gran relevancia [40].

Se debe favorecer el cierre primario de los tejidos blandos realizando, si es necesario, algún colgajo de translocación para cubrir el alveolo y reducir la reabsorción ósea [42].

Schultes y Gaggl, realizan un estudio en mandíbula de perros donde comparan el hueso neoformado y el tejido blando alrededor de implantes inmediatos e implantes tardíos [42]. Encontraron mayor porcentaje hueso-implante en los implantes tardíos que en los casos inmediatos (aunque no significativo), achacándolo a el mayor crecimiento apical del tejido conectivo en los implantes inmediatos.

Los autores consideran que el gap de la zona coronal en los implantes inmediatos, en caso de no ser cubierto con métodos de barrera, va a originar una inserción larga del tejido conectivo con una reabsorción ósea aproximada de 1mm [42].

En el caso de la pérdida traumática, el plan de tratamiento comprende la exodoncia del resto radicular y la conservación de reborde óseo mediante la regeneración ósea guiada [50]. El tratamiento requiere de un equipo multidisciplinario dadas las características individuales de cada paciente [498].

El tratamiento con implantes postextracción mediante cirugía guiada y carga inmediata, constituye una alternativa exitosa en el tratamiento de aquellas situaciones clínicas complejas, que exigen técnicas quirúrgicas y prostodóncicas implantológicas integradas [1].

Se puede realizar una plantilla radiográfica modificada para simular la restauración apropiada de implantes dentales después de las extracciones [499]. Esta modificación permite aportar la correcta información virtual protésica tridimensional en las regiones donde se extraerán los dientes [500].

### *ELEVACIÓN DEL PISO DEL SENO MAXILAR*

La cirugía guiada puede ser una alternativa para evitar la técnica de elevación del piso del seno maxilar, o también puede facilitarla. Algunas otras herramientas del software de cirugía guiada permiten al usuario simular procedimientos de aumento óseo. Con esta característica se puede calcular cuánto injerto se necesita en el volumen y dónde deben ubicarse los implantes dentales [192].

### *COMPLICACIONES*

Las complicaciones más frecuentes derivadas de la cirugía del seno maxilar pueden ser:

Intraoperatorias:

#### *Laceración arterial*

Las complicaciones más frecuentes en este tipo de cirugía son la laceración de una arteria intraósea (causando sangrado) y perforación de la membrana Schneider (la membrana que recubre la cavidad del seno maxilar).

En caso de sangrado, el procedimiento debe suspenderse (o abortarlo) hasta que el sangrado sea controlado.

#### *Perforación de la membrana*

En caso de perforación de la membrana Schneider, se debe de intentar su reparación; lo que aumenta considerablemente la duración del procedimiento y en consecuencia el malestar postoperatorio y la incidencia de complicaciones.

Según Marchetti, Una de las causas más frecuentes de fracaso durante el aumento del suelo del seno maxilar es la ruptura de la membrana de Schneider membrana, cuya laceración afecta a su función de contención del injerto [58].

La cirugía con ultrasonidos tiene el objetivo de reducir la incidencia de complicaciones, debido a su capacidad de cortar tejidos duros con extrema precisión y menos trauma, lo que reduce el riesgo de laceración de los tejidos blandos como la membrana de Schneider. Ardekian señala que principalmente debido a dificultades técnicas, la perforación de la membrana del seno maxilar ocurre más frecuentemente en casos de pequeña altura de hueso alveolar residual. No encontró diferencia estadística en la tasa de éxito de los implantes inmediatos colocados con injerto óseo sinusal en pacientes cuya la membrana se perforó frente a aquellos pacientes en los que se mantuvo intacta [59]

#### *Infecciones y obstrucción del osteum*

El ostium de drenaje del seno maxilar se encuentra en la parte superior de la pared medial y se abre a la nariz a través del infundíbulo a nivel del meato medio. El drenaje del seno maxilar se efectúa por la actividad de los cilios que origina un movimiento en espiral hacia el orificio, y por la presión negativa que se produce en el seno durante la inspiración. Las infecciones pueden propagarse con facilidad entre el seno frontal o las celdillas etmoidales anteriores, cavidad nasal, los dientes y el seno maxilar [53].

Los implantes, a veces violan la integridad anatómica e interfieren con los mecanismos fisiológicos del seno maxilar sobre todo cuando es un hueso de menos de 4mm., de espesor [53].

#### *Materiales adicionales*

Se requieren diversos materiales costosos y complejos como membranas, material de regeneración ósea, chinchetas...

Pikos, en un artículo comenta que la aplicación de una membrana de colágeno de reabsorción lenta puede ser utilizada no solo para la reparación de grandes y pequeñas perforaciones de la membrana sinusal, sino también por circunstancias en las que no

exista la membrana (cirugía previa, patología). La biocompatibilidad e integridad estructural semirrígida de esta membrana, junto con chinchetas de titanio de fijación, permiten una óptima estabilización y mantenimiento <sup>[60]</sup>.

Postquirúrgicas

#### *Dehiscencia de sutura*

Se debe reposicionar el colgajo realizado y suturar sin tensión. Es muy importante un sellado minucioso de los tejidos blandos, que queden cerrados de forma hermética.

Se deben evitar maniobras de hiperpresión en las primeras jornadas (buceo, vuelos en cabinas sin presurizar, estornudos, tos), y se debe procurar que en todo momento el ostium del seno permanezca permeable, empleando los fármacos necesarios para ello. También se debe tranquilizar al paciente, advirtiéndole de la posibilidad de epistaxis postquirúrgicas.

#### *Fracasos y requerimientos de altura ósea*

En la década de 1980 a 1990, la elevación de seno fue la elección más comúnmente seleccionada para el aumento de hueso maxilar antes de colocar los implantes dentales.

En 1996, la Academia de Osteointegración durante la Conferencia de Consenso de injerto de seno (Wellesley, USA), se centró en diversos parámetros para injertar senos maxilares en asociación con implantes dentales <sup>[551]</sup>. Incluyeron en un estudio, 39 cirujanos injertaron 1.007 senos y colocaron 2.997 implantes en un período de 10 años con por lo menos 3 años de seguimiento posterior a la restauración.

Sesenta y uno por ciento de los implantes se perdieron cuando se colocaron simultáneamente con injertos óseos para levantar los senos.

La diferencia de fracasos entre implantes colocados de modo simultáneo y diferidos no fue estadísticamente significativa <sup>[551]</sup>.

El análisis de fracasos mostró una pérdida de implantes del 61% cuando había 5mm., o menos de altura de hueso presente en el paciente.

La Conferencia de consenso recomendó el injerto de elevación sinusal antes de la colocación del implante cuando hubiera menos de 8mm., de altura de hueso disponible [601].

#### *Tiempo de espera*

Teniendo en cuenta que dicha técnica requiere un largo tiempo antes de la carga de los implantes y tiene sus posibles riesgos y complicaciones, puede en algunos casos ser preferible el utilizar solamente ya de entrada la cirugía guiada buscando la estabilidad primaria de los implantes en los lugares con remanente óseo.

## CIRUGÍA GUIADA EN COMBINACIÓN CON TÉCNICAS DE RECONSTRUCCIÓN ÓSEA

En los modelos del estudio no fue necesario realizar técnicas de reconstrucción ósea.

El tratamiento con implantes postextracción mediante cirugía guiada y carga inmediata constituye una alternativa exitosa en el tratamiento de aquellas situaciones clínicas complejas, que exigen técnicas quirúrgicas y prostodóncicas implantológicas integradas [1,586,587].

El programa informático Dental Slice también se ha utilizado para otras aplicaciones como por ejemplo los injertos de bloque [187,188].

### *ELEVACIÓN DEL PISO DEL SENO MAXILAR*

En el 2009, George A. Mandelaris y Alan L. Rosenfeld, con práctica privada de, periodoncia y cirugía de implantes dentales en Park Ridge, y Oakbrook Terrace, Illinois y profesores del Advocate Lutheran General Hospital de la Facultad de Odontología de la Universidad de Illinois, Chicago, publicaron un interesante artículo sobre las aplicaciones alternativas de la cirugía guiada por medio del delineado preciso de la ventana lateral en el injerto de hueso sinusal antral [557].

A través del software de cirugía guiada, se puede estudiar la configuración anatómica del seno. Con la ayuda del software y la guía estereolitográfica, se puede realizar con precisión la ventana lateral. El estudio se realiza con un módulo del software de Materialize, llamado SimPlant OMS (Cirugía oral y maxilofacial SimPlant).

Este software permite cortes virtuales de osteotomía para ser simulados en 3 dimensiones para planificación preoperatoria de cirugía de distracción, osteotomías de Le Fort, y técnicas de osteotomía dividida sagital.

Después de perfilar las rutas de corte planificadas, el plan se envía por correo electrónico a Materialise Dental, donde se realiza el modelo médico que es un prototipo rápido usando estereolitografía. Se crea un modelo del hueso en acrílico sobre el que se fabrica también la guía para el corte de la ventana.

La guía de corte define la ubicación precisa de la ruta de corte. Se puede fabricar tanto la guía para delinear la osteotomía de la ventana sinusal como la guía para la colocación de los implantes, o bien elaborar 2 guías separadas.

Las guías se apoyan en la superficie del hueso durante el delineado de la ventana lateral. El perfilado se puede realizar utilizando fresas convencionales para la creación de ventana sinusal o usando inserciones de aparato piezoeléctrico de cirugía.

Los componentes superiores y distales de estas guías fueron difíciles de aposentar. Usando solo los aspectos anterior e inferior no se presentaron problemas con ajustar las guías al hueso.

En el 2013, Renato Jahjah Cunha Martins y Henrique Manoel Lederman, del Departamento de Diagnóstico por la Imagen de la Universidad Federal de Sao Paulo (UNIFESP), Brasil, evaluaron la eficacia de asociar técnicas de injerto óseo en el seno maxilar con el uso de una guía quirúrgica para la planificación y el posicionamiento de implantes dentales en maxilares edéntulos totales que fueron rehabilitados después de seis meses<sup>[2]</sup>. Se seleccionaron ocho pacientes consecutivos con maxilar totalmente edéntulo que presentaban atrofia ósea en el reborde alveolar posterior asociada con la neumatización del seno maxilar.

La razón principal que mencionaban los pacientes para solicitar el procedimiento fue la incomodidad que les suponía el usar dentaduras totales convencionales.



El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Federal de Sao Paulo. Los pacientes recibieron las informaciones y aclaraciones, estuvieron de acuerdo para participar en el estudio y firmaron libremente el Consentimiento Informado. El criterio de inclusión para los pacientes en el estudio fue que la cantidad de hueso disponible entre la cresta maxilar posterior y la parte inferior del seno maxilar tuviera de 4 a 8mm. Se instalaron veintiocho implantes Brånemark de plataforma regular de 3,75x10mm., de altura en 14 senos maxilares.

La planificación quirúrgica para la instalación de los implantes se realizó con el software Dental Slice a partir de la tomografía computarizada.

Las imágenes obtenidas se utilizaron para construir una guía quirúrgica que, colocada sobre el maxilar superior, mostró la exacta posición para la instalación de los implantes. Se planificaron dos implantes para cada seno maxilar. Se colocaron también implantes en las zonas anteriores y en dos pacientes que tenían suficiente hueso, se instalaron dos implantes más posteriores, pero no fueron evaluados en este estudio.

Para seleccionar los lugares de instalación para los implantes, la planificación se basó en el tipo de prótesis indicada para los pacientes, el número de implantes y la distribución de las fuerzas masticatorias.

Se calculó la cantidad necesaria de aumento de hueso superando la altura de los implantes en 3mm. Seguidamente se envió la planificación del posicionamiento para la instalación de los implantes a la empresa Bioparts, que fabricó las guías quirúrgicas y un modelo del maxilar, permitiendo, así, una mejor visualización previa y planificación de la cirugía.

Guiados por el prototipo, se realizó una incisión en la cresta de la cresta alveolar hasta la exposición completa de la parte lateral del hueso maxilar, cerca de los senos maxilares.

Con la guía quirúrgica en posición, mediante las anillas para insertar los implantes, se realizó una demarcación previa realizada en el hueso con fresas redondas con el fin de facilitar la instalación de los implantes.

Luego, el hueso fue cortado definiendo una forma rectangular de abertura de la pared lateral del seno maxilar y con curetas mediante maniobras delicadas, la membrana del seno se desplazó de su porción inferior.

La guía quirúrgica se reposiciona en la boca la perforación de la cresta alveolar comienza usando una fresa de 2mm., hasta que el hueso se rompe completamente, invadiendo el seno maxilar.

Para la instalación del implante seguimos la secuencia de fresas utilizadas en el protocolo convencional que protege la membrana sinusal evitando, por lo tanto, cualquier posible daño.

Con las medidas obtenidas en el examen de tomografía computerizada y la planificación del posicionamiento de los implantes, fue posible calcular el volumen de injerto, personalizando la cantidad necesaria de hueso para cada seno maxilar de cada paciente estudiado. Se obtuvo el hueso autólogo de la región retromolar y sínfisis mandibular.

Después de la cirugía de aumento del seno maxilar, no se utilizó membrana barrera, porque durante las suturas del colgajo quirúrgico el periostio en sí se utilizó para cerrar la apertura de acceso al maxilar.

En el siguiente paso, el sitio receptor del injerto era cubierto con gasas humedecidas en solución fisiológica, esperando la preparación del injerto autógeno.

La incisión retromolar se realizó siguiendo la línea oblicua de la mandíbula, usando fresas trefinas para recolectar hueso para el injerto.

El hueso se trituró y se colocó en una jeringa desechable para verificar el volumen que se utilizará en el sitio del receptor.

Los implantes fueron recubiertos con partículas de hueso y el colgajo se reposicionó y se suturó con monofilamento 5-0. Las suturas fueron eliminadas siete días después de la cirugía.

Después del procedimiento quirúrgico, los pacientes utilizaron dentaduras totales convencionales con un relieve aliviado del soporte sobre la cresta alveolar operada. Los pacientes estaban advertidos a no masticar alimentos consistentes, que podrían dañar la región de los implantes, y tampoco debían dormir usando sus dentaduras.

La segunda cirugía se realizó seis meses después para descubrir los implantes, utilizando la misma guía quirúrgica de la primera etapa para ayudar a detectar su ubicación.

En este paso, los pilares intermedios que conectan los implantes a la prótesis fueron instalados y protegidos mediante protectores, que tienen el objetivo de prevenir una invaginación del tejido gingival sobre los pilares.

Adicionalmente, se realizaron algunos ajustes en las dentaduras provisionales para coincidir con la nueva condición clínica.

Después de siete días se realizó una radiografía panorámica para evaluar la situación de los implantes y la eficacia del injerto de hueso injerto.

A continuación, se tomaron impresiones de la boca con los implantes en posición, seguido de la elaboración y fabricación de la prótesis, con las pruebas estéticas y funcionales adecuadas. Los pacientes fueron advertidos sobre el cuidado con la higiene y las citas anuales de seguimiento.

Una semana después de la segunda etapa quirúrgica, con la ayuda de una radiografía panorámica convencional, fue posible verificar si los implantes instalados estaban en los lugares planificados e integrados al maxilar

No se observó una imagen de discontinuidad ósea entre el injerto y el hueso maxilar, y los implantes tenían un íntimo contacto con el maxilar original y el hueso injertado.

Los implantes no presentaban movilidad, había ausencia de dolor, infecciones y neuropatías. Se observó en la radiografía panorámica final que los implantes se colocaron de acuerdo con la planificación con el software Dental Slice, y era posible realizar la rehabilitación oral de todos los pacientes.

Los pacientes expresaron su satisfacción con la estabilidad de las dentaduras y con el resultado estético final del tratamiento

Los pacientes fueron reevaluados seis meses después de la cirugía y se logró una tasa de éxito del 100%. Los implantes no presentaron movilidad ni síntomas, lo que permitió una rehabilitación oral con prótesis fijas completas atornilladas sobre los implantes.

Concluyeron que la técnica de asociación de implantes e injertos óseos en el seno maxilar ayudada por la planificación con Dental Slice y una guía prototipada se ha mostrado eficiente para colocar implantes y para cuantificar y localizar el injerto óseo.

### *ELEVACIÓN DE SENO TRANSALVEOLAR*

En el año 2013, los Dres. Alessandro Pozzi, Investigador del Departamento de Rehabilitación Oral de la Universidad de Roma, Italia y Peter K. Moy profesor, de la Universidad de California, Los Ángeles, Estados Unidos, realizaron un estudio para describir un nuevo procedimiento para la elevación de los senos mediante la planificación guiada por computadora y la cirugía guiada <sup>[588]</sup>.

El enfoque es la fabricación de plantilla quirúrgica en combinación con osteótomos condensadores-expansores proporcionando así una técnica quirúrgica mínimamente invasiva. Sesenta y seis pacientes consecutivos fueron tratados con 136 implantes

colocados guiados transcrestalmente. Los pacientes fueron reclutados y tratados en dos centros de rehabilitación especializada con implantes dentales en Roma, Italia, y Los Ángeles, CA, EE. UU., entre junio de 2008 y febrero de 2009.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: una cresta alveolar residual de al menos 5mm., de altura y 5mm., de ancho distal a los caninos, la necesidad de injerto óseo del seno maxilar y negativa a someterse a un aumento de seno por el procedimiento lateral convencional y periodontalmente sanos; definido como ausencia de sangrado bucal completo al sondear e índice de placa menor o igual al 25%, y un torque de inserción de los implantes entre 45-55Ncm.

Los criterios de exclusión fueron: hallazgos médicos tales como accidente cerebrovascular, infarto de miocardio reciente, trastornos hemorrágicos graves, diabetes no controlada, terapia psiquiátrica, embarazo o lactancia, periodontitis no tratada, infecciones en tejidos adyacentes de los implantes planificados, radioterapia previa de la vía oral y región maxilofacial, ausencia de dientes o una prótesis removible en la mandíbula, infección / inflamación aguda (sinusitis) en el área destinada para el aumento óseo y colocación de los implantes, bruxismo severo e higiene oral deficiente.

Se fabricaron plantillas de resina acrílica radiográfica de modelos encerados de diagnóstico, que representan los parámetros funcionales y estéticos de la prótesis deseada. Se utilizó la técnica de doble exploración: se tomó la primera exploración tomográfica del maxilar con la plantilla de planificación en su lugar, mientras el segundo escaneo fue solo de la plantilla radiográfica.

Las posiciones virtuales de los implantes se determinaron en base al perfil de emergencia protésico.

La altura del hueso disponible se calculó en el software tridimensional, así como la distancia entre la cresta ósea y el punto inferior del piso sinusal, medido en el largo eje del implante planificado.

El ancho de los osteótomos se corresponde con el de las guías para el fresado.

El tope de profundidad para el giro los ejercicios y la naturaleza no cortante de los osteótomos ayudaron para evitar dañar la membrana sinusal.

Un toque suave se realizó en los osteótomos de condensación para infringir el piso del seno óseo y proporcionar la mejor respuesta táctil para este importante paso y así se minimiza cualquier riesgo de perforación de la membrana.

La incidencia de perforación de membrana fue evaluada por la maniobra de Valsalva inmediatamente después de la entrada en piso e inmediatamente después de la finalización de la entrega del biomaterial de injerto.

Los pacientes fueron seguidos durante al menos 3 años en tras la colocación de la prótesis. El protocolo de perforación se personalizó basándose en la densidad ósea de cada sitio de implante para lograr un torque de inserción que varíe entre 45 y 55Ncm.

Los pilares temporales de titanio se conectaron a los implantes con tornillos protésicos ajustados a 35Ncm y se colocó inmediatamente una restauración provisional de resina acrílica.

Seis meses después de la carga inicial, se generó y colocó una restauración definitiva.

Se evaluó la tasa de supervivencia de implantes y prótesis, las complicaciones biomecánicas o biológicas, cambios en el nivel de hueso marginal, altura total del hueso de la cresta alveolar antes y después del procedimiento, medición de parámetros periodontales, así como la percepción del paciente de los niveles de dolor durante el período de recuperación.

El seguimiento promedio fue de 43,96 meses (rango de 36 a 52). La tasa acumulada de supervivencia de los implantes fue 98,53% a los 3 años.

No se encontraron complicaciones biológicas o mecánicas y no se produjeron complicaciones protésicas durante la totalidad del período de seguimiento.

La media de pérdida ósea marginal (MBL) durante el primer año de funcionamiento fue de  $0,33 \pm 0,36$ mm., mientras que, en seguimiento de 3 años, el promedio fue de  $0,51 \pm 0,29$ mm.

La altura ósea residual media de la cresta alveolar antes del injerto fue de  $6,7 \pm 1,6$ mm., (rango 5,1-9,2mm.), mientras que la altura ósea media ganada fue  $6,4 \pm 1,6$ mm., (rango 3,2-8,1mm).

Todos los pacientes informaron bajos niveles de dolor y se encontraron parámetros periodontales normales.

Este estudio sugiere que el uso de cirugía guiada para realizar la elevación del suelo del seno maxilar, para el aumento de la altura de la cresta alveolar, es una técnica mínimamente invasiva exitosa en un seguimiento a medio plazo; evitando así el tiempo de tratamiento prolongado y las morbilidades asociadas con otras técnicas de aumento del suelo del seno maxilar.

En el 2015, Spinelli, con práctica privada en Roma, Italia, y cols., del Departamento de Ciencias Clínicas y Medicina de la Universidad de Roma Tor Vergata, realizaron un estudio que describe la capacidad de realizar una técnica transalveolar para la regeneración ósea en el déficit posterior maxilar sin el uso de materiales de injerto óseo utilizando un protocolo mínimamente invasivo [589].

Insertaron sesenta y seis implantes en el piso sinusal de un total de 39 pacientes a través de la técnica guiada transcrestal de elevación sinusal.

Todos los pacientes fueron seguidos durante al menos tres años.

El protocolo de perforación, se adaptó sobre la base de la densidad ósea de cada sitio de implante para lograr un torque entre 45 y 55Ncm.

Se utilizaron pilares transepiteliales de titanio apretados a 35Ncm.

La restauración protésica final se realizó con de cerámica sobre metal seis meses después de la cicatrización de los tejidos y la funcionalización provisional de la oclusión.

La tasa de supervivencia de implantes y prótesis, complicaciones biológicas y biomecánicas, cambios en los niveles de hueso marginal y altura total del hueso de la cresta alveolar antes y después de la cirugía fueron evaluados y medidos los resultados obtenidos en este estudio prospectivo.

También se midieron los parámetros periodontales, así como los niveles de percepción del dolor por parte del paciente durante todo el período de recuperación.

La supervivencia acumulada del implante fue del 98,53% a los 3 años. No hubo complicaciones biológicas y mecánicas y no hubo fallos protésicos durante todo el período de seguimiento.

El promedio de pérdida de hueso marginal (MBL) durante el primer año de operación fue de 0,33 a 0,36mm., mientras que el seguimiento de 3 años, el promedio fue de 0,51 a 0,29mm.

El promedio de altura ósea residual de la cresta alveolar antes del tratamiento era de 6,7 a 1,6mm., (rango de 5,1 a 9,2mm.), mientras que en promedio se ganaba 6,4 - 1,6mm., (rango 3,2 a 8,1mm.).

Todos los pacientes informaron niveles más bajos de dolor y encontraron parámetros periodontales normales.

Este estudio sugiere que el uso de la cirugía guiada para realizar la elevación del seno maxilar transcrestal para aumentar la altura cresta subantral es una técnica mínimamente invasiva de éxito para el seguimiento a corto y mediano plazo, por lo tanto, evitando el

tiempo de tratamiento extendido y reduciendo la morbilidad asociada con el levantamiento del piso del seno maxilar con la técnica tradicional que utiliza materiales de injerto óseo.

Además, este protocolo sin el uso de materiales de injerto no varía el resultado final que ha demostrado la presencia de hueso recién formado alrededor de los implantes que ofrecen siempre resultados predecibles, y dando una reducción adicional en los costos de la rehabilitación del procedimiento.

En el año 2017, Amr Y. Shiha, profesor de Cirugía Oral y Maxilofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de Alejandría, Egipto, y cols., realizaron un estudio para evaluar la precisión de las guías quirúrgicas estereolitográficas en el levantamiento de seno transcrestal para la colocación de implantes <sup>[590]</sup>.

Se colocaron un total de quince implantes en 6 pacientes. Fueron seleccionados para realizar levantamiento de seno transcrestal con colocación de implantes simultáneos utilizando una guía quirúrgica estereolitográfica.

La combinación del plan preoperatorio y las imágenes de tomografía Cone Beam postoperatorias inmediatas mostraron valores estadísticamente significativos de la precisión. La diferencia media de angulación de los implantes insertados en comparación con la angulación proyectada fue de  $7,03^{\circ} \pm 4,53^{\circ}$ . La media de las diferencias coronales totales fue de  $1,56\text{mm.} \pm 1,15\text{mm.}$ , mientras que la media de las diferencias apicales totales fue de  $1,75 \pm 1,14\text{mm.}$

El acceso al piso óseo sinusal se realizó con una secuencia de perforación personalizada de acuerdo con las instrucciones de fabricación a la profundidad planificada previamente, a 1mm., de la membrana. El hueso subantral restante de 1mm., se compactó y se empujó utilizando compactadores de seno de extremos romos del tamaño apropiado. El material de injerto fue introducido y prensado en cada sitio de implante. En este estudio, la longitud de los implantes varió de 8,0 a 13mm. La altura ósea original media preoperatoria fue de  $6,7 \pm 1,01\text{mm.}$

Seis meses después del aumento del piso sinusal, la ganancia media de hueso alveolar fue de  $10,02 \pm 1,14\text{mm.}$ , con una diferencia ósea media de  $3,51 \pm 1,2\text{mm.}$  Por lo tanto, la ganancia final de hueso estaba en el rango de 3-4mm.

A los 6 meses, el aumento en la altura del hueso vertical resultó ser estadísticamente significativo (valor  $p < 0,001$ ).

Esta técnica representa un procedimiento transcrestal mínimamente invasivo que evita una elevación grande del colgajo o la eliminación de la pared lateral del seno maxilar.

Las principales ventajas de esta técnica incluyen menos resorción ósea ya que no hay elevación del colgajo, lo que mantiene el suministro de sangre al reborde alveolar, mantenimiento de la vascularización del material del injerto, hemorragia mínima, incomodidad postoperatoria mínima y mejor aceptación del paciente para este procedimiento quirúrgico.

El tiempo de tratamiento acumulativo se reduce debido al enfoque combinado del procedimiento de injerto con la colocación inmediata del implante (el mismo período de curación para ambos procedimientos). La reducción del tiempo total de tratamiento minimiza la cantidad de procedimientos quirúrgicos, los medicamentos para el dolor necesarios después de la cirugía y el tiempo de recuperación, lo que reduce el costo total del tratamiento para el paciente.

La principal indicación de este procedimiento es el tratamiento de la falta de una sola pieza en el área posterior del maxilar con altura inadecuada del hueso alveolar

Finalizaron con que, para los principiantes, usar una guía estereolitográfica para el levantamiento del seno transcrestal junto con la colocación del implante es más preferible en un solo implante que en múltiples implantes.

### *R.O.G. (Regeneración Ósea Guiada)*

La cirugía guiada puede asociarse con la regeneración ósea guiada.

En el 2018, Serban Talpos, de la Facultad de Odontología de la Universidad de Medicina y Farmacia, Timisoara, Rumania, y cols., publican un artículo sobre la cirugía de implantes utilizando guías biocompatibles <sup>[396]</sup>.

El objetivo principal de la colocación de implantes y procedimientos de injerto óseo es obtener la neoformación de vasos sanguíneos, necesarios para el crecimiento y desarrollo óseo. Durante el protocolo tradicional de cirugía a mano alzada, el aumento de hueso puede tener lugar antes de la colocación del implante, cuando los defectos óseos son muy grandes, o en el mismo tiempo.

Una de las ventajas de la colocación de implantes guiados es que el cirujano oral puede realizar el aumento simultáneamente. La colocación 3D correcta, desde el punto de vista



protésico, de implantes dentales, es absolutamente necesaria para para obtener una integración biológica completa.

Usando guías de implantes, el cirujano oral obtiene exactamente esto: colocación del implante con la posición protésica correcta. Entonces el aumento consiguiente, también está guiado según las consideraciones protéticas.

Pero probablemente la mayor ventaja de la colocación guiada de implantes y el injerto óseo es, por lo que se suele denominar, concepto de implantes en un día que permite al cirujano oral, el proporcionar al paciente una prótesis provisional, o, a veces, incluso la final, al mismo tiempo con la cirugía.

Esto es posible debido a la precisión de la planificación reflejado en el resultado quirúrgico que le da al técnico dental la oportunidad de crear de antemano la pieza protésica.

La prótesis provisional inmediata es beneficiosa para el paciente, no solo por razones estéticas, sino también por la regeneración guiada y curación de los tejidos blandos.

## *COMPLICACIONES*

### Membranas reabsorbibles

Los materiales reabsorbibles ofrecen la ventaja de eliminar la necesidad de cirugía de extracción en la segunda etapa. Por esta razón se reduce la morbilidad y riesgo de daño tisular. Abou, considera que las membranas de colágeno tienen ventajas tales como: acción quimiotáctica de fibroblastos, propiedad hemostática, inmunogenicidad débil, adhesión osteoblástica; y poseen gran interés para la regeneración ósea guiada <sup>[84]</sup>.

En un estudio con diferentes proporciones de colágeno en ocho conejos no hubo diferencias entre los dos biomateriales probados que mostraron propiedades osteoconductoras con un alto grado de formación de hueso, 42% y 46%, respectivamente. Ambos materiales mostraban signos de resorción en el momento del sacrificio de los animales <sup>[91]</sup>.

Las desventajas de los materiales reabsorbibles, sin embargo, son su grado impredecible de reabsorción, que puede alterar significativamente la cantidad de formación ósea.

Cuando las membranas están expuestas y/o asociadas con reacciones inflamatorias en el tejido adyacente, la actividad enzimática de los macrófagos y neutrófilos hace que la membrana se reabsorba rápidamente, lo que afecta la integridad estructural de esta, provoca disminución de la función de barrera y menor regeneración ósea [70].

Según Ferreira, los inconvenientes de las membranas de colágeno son:

- a) la pérdida de la capacidad de mantener el espacio en condiciones de humedad
- b) la implantación de colágeno de origen animal incluye un riesgo potencial de transmisión de enfermedades de animales a humanos.

*Membranas no reabsorbibles*

Dentro de estas se encuentran el politetrafluoroetileno (PTFE) y la malla de titanio.

Un inconveniente en el uso de este tipo de membrana es la necesidad de su eliminación con un procedimiento quirúrgico en la segunda etapa.

En 1996 se compararon las membranas reabsorbibles con las no reabsorbibles, que resultaron ser las más efectivas como material de barrera, en las el hueso regenerado era más denso y en mayor cantidad [50].

*Membranas de politetrafluoroetileno (PTFE)*

Dung, defiende que en la actualidad son consideradas como uno de los mejores materiales de barrera después de 20 años de evaluación de los resultados basada en la evidencia clínica [85].

Para Carbonell han sido utilizadas con éxito como una membrana barrera para los procedimientos de regeneración [86].

*Malla de titanio*

La malla de titanio posee estabilidad mecánica, biocompatibilidad y capacidad de manejo clínico.

## *INJERTO ÓSEO*

Según un estudio, el resultado a largo plazo de los implantes Brånemark instalados en el hueso maxilar aumentado con cresta ilíaca es aceptable. Sin embargo, la pérdida ósea periimplantaria avanzada es muy común e indica una reabsorción del injerto. Este fenómeno depende de cada paciente y parece estar asociado con la higiene oral <sup>[92]</sup>.

En un estudio el objetivo era analizar histológicamente la reparación ósea de las áreas maxilares reconstruidas con injertos óseos autógenos usando 2 sitios donantes diferentes, el ilion y el mentón. Se recuperaron las muestras con fresas trefinas 4 meses después de la colocación de los injertos <sup>[93]</sup>. Se evaluaron diez pacientes, 5 hombres y 5 mujeres, con una edad media de 47 años (rango 28 a 67). Los resultados indicaron una buena incorporación de los injertos en este período, demostrado por intensa osteogénesis que indica un proceso de remodelación activa.

En ambos grupos, la mejora en la calidad ósea del sitio receptor fue evidente, independientemente del tamaño de la reconstrucción, aunque los injertos de mentón presentaron una mejor calidad ósea.

Los autores afirman a través de este estudio que un período de 4 meses es suficiente para la colocación de implantes osteointegrados en áreas reconstruidas, donde se han utilizado injertos autólogos de mentón o ilíacos <sup>[93]</sup>.

## LIMITACIONES

Las limitaciones pueden ser la presencia de factores de riesgo orales como lesiones quísticas sin tratar, presencia de dientes o restos radiculares que deben ser extraídos previamente o en el mismo acto operatorio <sup>[122]</sup>.

Tras la correcta eliminación de los quistes y la regeneración ósea de la zona afectada, se puede conseguir una cantidad de hueso suficiente para poder planificar adecuadamente la rehabilitación <sup>[175]</sup>.

### *Crestas estrechas*

Las crestas muy estrechas en filo de cuchillo pueden parecer ser una limitación en las que se puede realizar una osteotomía crestal por medio de cinceles y osteótomos para ensanchar la cresta angosta <sup>[50]</sup>. Pero en realidad existen también expansores específicos para la técnica de cirugía guiada; o bien puede ser una oportunidad de colocar los implantes hacia palatino con la seguridad de la cirugía guiada en cresta angosta <sup>[591]</sup>.

## ÉXITO

Según la literatura científica, la implantología oral guiada asistida por ordenador constituye una técnica implantológica exitosa, cuando se realiza un diagnóstico adecuado y una planificación meticulosa, siguiendo todas las pautas y fases del tratamiento [102,128,354,577,578].

Para la colocación de implantes asistida por computadora, se revelan altas tasas de supervivencia de implantes [356].

La necesidad de habilidad clínica, experiencia y curva de aprendizaje de la técnica por parte del cirujano no son menores que las requeridas durante la colocación convencional [110,579,580]. Hay que recordar también que la técnica requiere una formación especializada multidisciplinar [581].

Al igual que con la cirugía convencional, el éxito del tratamiento es significativamente mayor entre los paciente no fumadores (98,9%) que en los fumadores (81,2%) [101,570].

En el 2007 Hans-Joachim Nickenig y Stephan Eitner del Departamento de Prostodoncia de la Universidad de Erlangen, en Alemania, evaluaron la confiabilidad de la colocación de implantes después de la planificación virtual de la posición de los implantes usando datos de la Tomografía Computarizada de haz cónico y la elaboración de guías quirúrgicas [578].

Se realizó el estudio en 102 pacientes colocándoles 250 implantes, 55,4% mandibulares, con una edad media de los pacientes de 40,4 años, que se habían tratado en una clínica dental de las fuerzas armadas en Colonia, Alemania, entre el 1 de julio de 2005 y el 1 de diciembre de 2005. Fueron tratados con un sistema que permite la transferencia de la planificación virtual a plantillas de guías quirúrgicas. En ocho casos no se utilizaron las guías quirúrgicas porque era necesaria una colocación retrasada del implante.

En cuatro casos mandibulares posteriores el manejo operatorio fue limitado debido a la reducción de la distancia interoclusal.

La predictibilidad del tamaño del implante fue alta: solo un implante se cambió a un diámetro más pequeño debido a la insuficiencia de hueso.

En todos los casos, las estructuras anatómicas críticas estaban protegidas y no se presentaron complicaciones según las radiografías panorámicas postoperatorias.

En el 58,1% (147) de los 250 implantes, se realizó un tratamiento de cirugía sin colgajo. Los autores reflejan que la colocación de implantes después de la planificación virtual de las posiciones de los implantes usando datos de Tomografía Computarizada de haz de cono y las guías quirúrgicas pueden ser confiables para la evaluación preoperatoria de la anatomía y del tamaño y posición de los implantes [578].

Un meta-análisis en el 2009 de estudios in vitro, cadavéricos y clínicos la precisión reveló desviaciones horizontales medias de 1,1 - 1,6mm., pero también considerablemente mayores desviaciones máximas [128].

La tasa de implantes que sobreviven colocados con computadora guiada la tecnología es comparable a los implantes colocados de la manera convencional, que van desde 91% a 100% después de un tiempo de observación de 12-60 meses [101,128].

Un estudio refleja unos resultados muy favorables en el tratamiento mediante esta técnica en 30 pacientes edéntulos de un maxilar al menos y 212 implantes insertados.

Cuatro pacientes (29 implantes) no volvieron a revisión después de completar el protocolo clínico. De los 183 implantes restantes, 9 fracasaron (4,9%) [570].

En un estudio a los 5 años, el éxito fue del 91,5%. Sin embargo, desde un punto de vista sistémico, el tabaco constituyó un importante factor de riesgo. De hecho, el éxito del tratamiento fue significativamente mayor entre los paciente no fumadores (98,9%) que en los fumadores (81,2%) [101,570].

En el 2012, la Dra. Margareta Hultin del Departamento de Medicine Dental del Instituto Karolinska, Huddinge, Suecia, y cols., realizaron una revisión sistemática de la literatura científica sobre las ventajas clínicas de la colocación de los implantes orientada por computadora [450]. Realizaron búsquedas en cuatro bases de datos electrónicas utilizando términos de indexación específicos. Después de la extracción e interpretación de datos, quedaron 28 publicaciones y 2 revisiones sistemáticas. Quince estudios eran prospectivos observacionales y cuatro eran observacionales retrospectivos.

Nueve estudios incluían un grupo de control (ensayos clínicos controlados) de los cuales siete fueron prospectivos y dos retrospectivos. Solo tres de los estudios prospectivos eran aleatorizados.

Se recogieron datos de un total de 852 pacientes tratados con 4032 implantes usando cirugía de implantes guiada por computadora. El número de pacientes incluidos en cada estudio varió de 6 a 206. La edad varió de 16 a 92 años y el período de seguimiento varió entre 1 y 49 meses.

Determinaron que la limitada evidencia científica disponible sugiere que la colocación guiada tiene al menos tan buena supervivencia de los implantes como los protocolos convencionales.

En el 2014, el Dr. Silvio Mario Meloni, de la Unidad de Cirugía Maxilofacial del Hospital Universitario de Sassari, Italia y cols., realizaron una revisión crítica de la literatura de Medline de 2007 a 2012; sobre el tratamiento de cirugía guiada por computadora en implantología para resaltar las indicaciones basándose en las principales ventajas y complicaciones de la técnica <sup>[580]</sup>.

Para la búsqueda, se usaron las palabras clave “computer-guided implant surgery” “cirugía de implante guiada por computadora” para estudios escritos en inglés.

Tres revisores seleccionaron independientemente 42 artículos con texto completo.

Las publicaciones incluyeron: 18 evaluaciones clínicas, 10 notas técnicas, 8 informes clínicos y 6 revisiones.

Concluyeron que la evidencia científica disponible sugiere que la colocación guiada tiene al menos una supervivencia de los implantes tan buena como con los protocolos convencionales.

Sin embargo, varios eventos adversos inesperados relacionados con el procedimiento durante la colocación guiada del implante indica que, las demandas clínicas del cirujano no fueron menores que las necesarias durante la colocación convencional <sup>[580]</sup>.

## INTERACTIVIDAD Y COMUNICACIÓN

Lo más importante desde un punto de vista diagnóstico es que las imágenes obtenidas pueden ser utilizadas de forma interactiva y dinámica por el implantólogo en colaboración con otros profesionales de las distintas especialidades, para la correcta planificación de cada caso clínico y así establecer el protocolo quirúrgico y prostodóncico más favorable, de acuerdo al diagnóstico individual del paciente <sup>[101,186]</sup>.

La necesidad del aprendizaje del software de planificación que en principio puede suponer una dificultad, se convierte en una herramienta motivacional al combinar las posibilidades de mejorar la planificación virtual con la percepción de sensaciones táctiles en el momento quirúrgico, acordes con lo programado y previsto que estimulan al implantólogo a avanzar en su desarrollo.

El análisis de comprobación del transcurso de la cirugía y sus resultados respecto a la planificación realizada del paciente motiva al profesional, en la búsqueda del perfeccionamiento de la técnica quirúrgica y de rehabilitación protésica; aumentando progresivamente los límites de las posibilidades.

La información táctil es importante; si simultáneamente tenemos la planificación en mente; o mejor en el ordenador en el momento de la cirugía, se puede percibir en la cirugía como la fresa penetra con diferente resistencia según la densidad ósea en la cortical, en la medular, en momento en que volvemos a encontrar hueso cortical si hemos planeado bicorticalidad.

El software de la cirugía guiada, puede ser una herramienta de comunicación. El paciente accede directamente a la información necesaria para entender con claridad los beneficios y posibilidades reales del tratamiento.

## SATISFACCIÓN DEL PACIENTE

La férula quirúrgica guía la inserción de los implantes de una forma mínimamente invasiva, sin necesidad de realizar colgajo lo que simplifica el tratamiento y beneficia al paciente porque le evita molestias dolorosas <sup>[1,450,582,583]</sup>. Aporta más seguridad, confort y previsibilidad para el paciente <sup>[185]</sup>.

La posibilidad de realizar en una misma sesión operatoria las técnicas quirúrgicas y prostodóncicas representa, cuando se realiza un correcto diagnóstico individualizado del paciente, una alternativa implantológica porque reduce significativamente el tiempo de



tratamiento y mejora de forma muy positiva su calidad de vida, con un impacto funcional, estético y psicológico muy positivo [17,124,151,262-269].

Para conseguir la satisfacción del paciente, debemos respetar los siguientes aspectos: instalar unos implantes capaces de soportar la prótesis, tratar de preservar encía queratinizada, respetar la distancia mínima entre implantes, tratar de confeccionar un espacio biológico en la interface implante-prótesis y colocar los implantes protésicamente guiados. Así podremos confeccionar una prótesis lo suficientemente estética para conseguir la aceptación del paciente [584].

En el 2006 el Dr. Thomas Fortín, Profesor del Departamento de Cirugía Oral de la Universidad de Lyon, en Francia y cols., realizaron un estudio para comparar el dolor experimentado después de la colocación del implante con dos diferentes procedimientos quirúrgicos: un procedimiento quirúrgico sin colgajo que usa un sistema guiado por imágenes basado en una férula quirúrgica y un procedimiento de colgajo tradicional.

Se incluyeron en el estudio a 60 pacientes seleccionados al azar. Un grupo consistió en 30 pacientes que fueron referidos para la colocación de 80 implantes con el procedimiento sin colgajo.

El otro grupo consistió en 30 pacientes que fueron remitidos para la colocación de 72 implantes con un procedimiento convencional.

Se les solicitó completar un cuestionario usando una escala analógica visual, (visual analog scale - VAS) para evaluar el dolor experimentado e indicar el número de tabletas analgésicas que tomaron cada día postoperatorio desde el día de la cirugía y hasta 6 días después de la cirugía.

Los resultados mostraron una diferencia significativa en las mediciones de dolor, con puntuaciones más altas con cirugía de colgajo abierto.

El dolor disminuyó más rápido con el procedimiento sin colgajo.

El número de los pacientes que no sintieron dolor (VAS = 0) fue más alto con el procedimiento sin colgajo (43% versus 20%).

Con el procedimiento sin colgajo, los pacientes tomaron menos pastillas para el dolor y durante menos tiempo.

Si los pacientes pudieran elegir, optarían por solicitar procedimientos mínimamente invasivos para reducir su ansiedad y el dolor experimentado. La implementación de la técnica en la clínica dental va a ser un beneficio para el paciente y el profesional <sup>[585]</sup>.

Así aumentaría la tasa de aceptación del tratamiento, ya que con el procedimiento sin colgajo, los pacientes experimentaron dolor de forma menos intensa y durante períodos más cortos de tiempo <sup>[400]</sup>.

## COSTO / BENEFICIO

El costo añadido de la cirugía guiada puede justificarse por el beneficio que aporta, al mejorar la precisión, reduce la morbilidad quirúrgica y aumenta la posibilidad de éxito de la rehabilitación protésica.

Las ventajas de la cirugía guiada por ordenador respecto a la cirugía tradicional justifican su uso rutinario, aunque sea algo mayor el gasto del tratamiento <sup>[351,593,594]</sup>.

La colocación de los implantes de carga inmediata insertados en un maxilar desdentado utilizando la planificación virtual y la cirugía sin colgajo es exitosa destacando la importancia de la planificación, lo que justifica el costo de esta tecnología <sup>[592]</sup>.

Cuando se compara con la técnica convencional, la cirugía guiada trae múltiples beneficios para el paciente y el profesional.

Para el profesional la cirugía es más rápida, tranquila y confortable, pues está en todo momento guiado por las trayectorias preestablecidas en los cilindros de la férula quirúrgica.

Para el paciente, el cuadro postoperatorio de una cirugía guiada es excelente. Es un procedimiento mínimamente invasivo que no precisa colgajos quirúrgicos y suturas, además reduce el dolor y el edema postoperatorio <sup>[604]</sup>, proporcionando mayor confort en

el tratamiento con implantes, pero, siempre y cuando la técnica se use con adecuados patrones diagnósticos, quirúrgicos y protéticos [166].

Puede ser una técnica de elección en pacientes muy susceptibles.

Si se informa a los pacientes de la opción de esta técnica mínimamente invasiva, seguramente aumentaría la aceptación de tratamientos y su posterior satisfacción al minimizar el tiempo de tratamiento quirúrgico y las molestias del postoperatorio tradicional con colgajo.

A pesar de necesitar una mayor inversión financiera y una planeación previa más detallada y precisa, la presencia de una guía quirúrgica prototipada ayuda a proteger las estructuras anatómicas críticas, simplificando los procedimientos clínicos y reduciendo el tiempo quirúrgico y protésico [604].

Solo uno de los estudios encontrados, informó la duración del tratamiento con cirugía guiada. Arisan y colaboradores en el año 2010 encontraron que la técnica de cirugía guiada sin colgajo es significativamente más rápida (24 min), en comparación con la cirugía guiada con colgajo abierto (61 min) y la cirugía convencional (69 min). Ningún estudio ha informado sobre mediciones de costo-efectividad [450].

Ewers y colaboradores, tras 12 años de uso de cirugía guiada, concluyen que, en implantología, los beneficios compensan ampliamente los gastos [351,593,594].

Al evitar complicaciones se evitan quebraderos de cabeza, incluyendo otros procedimientos quirúrgicos y prostodónticos adicionales, que muchas veces han de realizarse sin cargo.

El costo de los sistemas era considerable, aunque hoy en día se está superando esta barrera. Los costos están disminuyendo lo que puede facilitar que esta técnica se use con más frecuencia en el futuro.

Normalmente el aumento del costo se repercute en el paciente. En Holanda los costos adicionales para una planificación digital completa son reembolsados por las compañías

holandesas de seguros de salud. Sin embargo, este reembolso no es común en muchos otros países <sup>[392]</sup>.

Los implantes que hemos utilizado en la cirugía guiada durante los últimos 12 años y hasta hoy han sido de dos fabricantes, primero de la firma Neodent y posteriormente de la DSP, son implantes de Cono Morse, avalados por la literatura <sup>[605]</sup>.

A pesar de poseer importantes propiedades y ventajas, no suponen un sobrecosto <sup>[137]</sup>.

Los costos a considerar son en realidad más relativos a la inversión en tiempo y logística de implementación de la técnica.

El Software de planificación es gratuito. El costo del instrumental quirúrgico es mucho menor que al principio.

Lógicamente el costo de la guía es relativamente menor si se repercute entre un mayor número de implantes.

## **COMPARATIVA CON OTRAS OPCIONES GUIADAS**

### **GUÍAS CONVENCIONALES**

Las guías convencionales de laboratorio, como la que también hemos utilizado en el estudio comparativo con las guías obtenidas a partir de la planificación con las imágenes radiológicas, históricamente han supuesto un paso más para orientar la colocación del implante según los requerimientos protésicos; pero no según los requerimientos anatómicos ya que no se utiliza el software de planificación <sup>[168]</sup> <sup>[110]</sup>.

Las guías fabricadas sobre el modelo obtenido del paciente, las realiza el laboratorio dental sin integrar exactamente la estructura ósea subyacente en el diagnóstico, se limitan a orientar al operador sólo sobre el punto de entrada de la fresa aconsejable para la futura prótesis; pero no sobre la trayectoria tridimensional completa.

Así, durante la cirugía, el cirujano deberá tomar la decisión sobre la posición final de los implantes “a mano alzada”, y el resultado clínico no podrá nunca ser predecible según los dos factores determinantes: anatomía ósea y prótesis final.

La elaboración de estas guías, ha ido evolucionando con sistemas muy sofisticados <sup>[170]</sup>.

En el año 2005, el Dr. Ng Fook Chin, Consultor en Cirugía Oral y Maxilofacial del Hospital Mount Elizabeth en Singapur y cols., publican que el tratamiento de implantes convencional utiliza para la planificación modelos de estudio, encerados y radiografías panorámicas para prefabricar guías quirúrgicas tradicionales de laboratorio de prótesis dental para guiar la preparación del sitio del implante <sup>[348]</sup>.

Pero esta sistemática conduce a una perforación en la cresta alveolar que es invariablemente un procedimiento a ciegas, ya que la parte de la fresa, cuando penetra en el hueso, no es visible.

### **NOVUM**

El sistema Novum es un sistema guiado particular estandarizado precursor de la cirugía guiada en cuanto al paralelismo y la función inmediata cuyo concepto hoy en día se promociona por parte de una importante firma comercial.

En 1999, el Profesor Brånemark presentó el Novum System para carga inmediata. Se trata de una plantilla con la que se colocan los implantes dentales en la mandíbula.

El clínico no puede escoger la situación de cada implante, sino de su conjunto tras comprobar visualmente que pueda adaptarse a la forma de arcada ósea del paciente.

No hay una predictibilidad virtual; exige levantar colgajo y regularización ósea. Aporta paralelismo prácticamente absoluto entre los implantes y la subestructura de la prótesis está ya lista.

El sistema une tres implantes posicionados en la región anterior de la mandíbula, de 4mm., de diámetro y longitud mínima de 13mm., con una plataforma de titanio denominada infraestructura. Sobre ésta se atornilla una superestructura que soporta la prótesis fija <sup>[171]</sup>.

Durante un período de tres años, trataron un total de 50 pacientes con un porcentaje de éxito del 98% <sup>[172]</sup>.

En 2002, los Doctores españoles Pi Urgell y Vericat Queralt presentan los resultados de un estudio que formaba parte de un trabajo multicéntrico internacional de implantes de carga inmediata siguiendo el protocolo estandarizado de Brånemark Novum, tratados en el Brånemark Osseointegration Center de Barcelona en el que colocan 3 implantes intermentonianos de 5 x 11,5mm., a 25 pacientes, lo que hace un total de 75 implantes cargados.

Sobre ellos colocan una prótesis fija atornillada definitiva, y tras un seguimiento de entre 6 meses y 2 años (el tiempo mínimo de control postcarga fue de 6 meses y el máximo de 2 años), relatan una tasa de éxito del 92% <sup>[172]</sup>.

El sistema Brånemark Novum® se presentaba como un nuevo concepto de tratamiento en que se combina la cirugía en un solo paso y la carga inmediata de los implantes para rehabilitar el maxilar inferior desdentado, estableciendo un protocolo de tratamiento en un solo día con la colocación de la prótesis definitiva.

En este sentido fue precursor de las técnicas de cirugía guiada.

De los resultados obtenidos, se puede concluir que el sistema Brånemark Novum® es una técnica predecible en el tratamiento del desdentado total inferior empleando implantes de carga inmediata y una prótesis fija y permanente, ofreciendo una nueva alternativa de tratamiento <sup>[172]</sup>.

Posteriormente a principios de los años 2000, aparecieron otros sistemas similares como Neopronto que utilizaba 4 implantes en lugar de 3. En este sistema la prótesis es ya definitiva y se construye sobre el total de implantes. La estructura metálica prefabricada los ferulizará desde el momento de la intervención. Con ello se elimina el período de tiempo que se emplea en la toma de impresiones y ajuste del metal de la prótesis, necesario en las técnicas de carga inmediata publicadas hasta el momento y que retrasa la ferulización y carga de los implantes.

No obstante, con este sistema es necesario primero disponer de suficiente reborde y altura ósea, realizar un colgajo y comprobar con una horquilla que la barra protésica preformada puede adaptarse a la cresta ósea y desbastar la cresta ósea aplanándola.

## CIRUGÍA NAVEGADA

Nuestro estudio es sobre la cirugía guiada denominada también estática cuando se comprara con la cirugía navegada o dinámica.

Hoy en día ha aparecido recientemente una ola de interés comercial por la gran novedad de la cirugía navegada pero que en realidad incluso precedió en la historia a la aparición de la cirugía guiada. La cirugía navegada en implantología dental consiste en la navegación asistida por computadora. También denominada navegación quirúrgica, nos permite afrontar la intervención planificando el caso al igual que con la cirugía guiada y colocar los implantes como si dispusiéramos de un GPS <sup>[346,347]</sup>.

Consiste en un sistema de navegación que permite colocar implantes dentales sin incisiones visualizando lo que ocurre en el interior del hueso en tiempo real <sup>[186]</sup>, con seguimiento del movimiento quirúrgico intraoperatoriamente correlacionando la ubicación del contaangulo y las fresas con las estructuras anatómicas internas y el plan quirúrgico durante la colocación de los implantes dentales <sup>[349]</sup> <sup>[348]</sup>.

### ***Errores potenciales y control de precisión***

Aunque con los aparatos actuales este error puede considerarse despreciable, existe un hipotético margen de imprecisión, dependiente de artefactos debidos a estructuras presentes en el campo de adquisición, y de posibles errores del software. Requiere una fijación lo más rígida posible de los marcadores en el momento de la Tomografía Computarizada y, en el de la intervención.

El error humano puede estar presente y deberse a movimientos del paciente durante la TC, planificación deficiente de los implantes, calibración deficiente de la pieza de mano, movilidad de los localizadores durante la intervención, etc.

El sistema Robodent<sup>®</sup>, desarrollado por la compañía alemana Robodent GmbH, con base en Múnich es una tecnología de alta precisión, desarrollada en el mundo de la neurocirugía, que ahora se aplica al sector de los implantes dentales. Para el sistema Robodent, el margen de error de aplicación se ha descrito como de  $0,35 \pm 0,17$ mm., en el



cuello del implante y de  $0,60 \pm 0,20\text{mm.}$ , en el ápice, con una desviación en la inclinación de  $2,12 \pm 0,78^\circ$ .

Según el sistema DenX IGI, estos mismos valores son de  $0,65 \pm 0,58\text{mm.}$ ,  $0,94 \pm 0,40\text{mm.}$ , y  $4,59 \pm 2,84^\circ$ , respectivamente. En este mismo informe, los mismos valores para la colocación manual o “no navegada” son de  $1,35 \pm 0,56\text{mm.}$ ,  $1,89 \pm 0,80\text{mm.}$ , y  $4,59 \pm 2,84^\circ$ , respectivamente. A la vista de estos resultados, la colocación de implantes con navegación óptica es más precisa que la colocación manual.

En el Hospital Universitario de Cirugía Cráneo-Maxilofacial y Oral en Viena, los implantes dentales se han posicionado utilizando la navegación asistida por computadora desde 1995 <sup>[350]</sup>. En el período comprendido entre 1995 y 2002, 55 pacientes con 327 implantes dentales se colocaron con éxito por medio de la tecnología de navegación asistida por computadora.

Wagner y cols., informan, en un análisis de 32 implantes endóseos colocados con guía de navegación, una desviación media de 1,1mm., juntas en la punta y la base de los implantes en dirección lingual y vestibular <sup>[351]</sup>.

En el 2002, el Dr. Felix Wanschitz y cols., del Departamento de Cirugía Oral Y Maxilofacial del Hospital General de la Universidad de Viena, instalaron cinco implantes interforámenes en tres modelos de mandíbulas <sup>[351]</sup>.

La desviación entre la posición planificada y la alcanzada de los implantes fue medida postoperatoriamente por medio de la tomografía computarizada (TC).

La desviación entre la posición del implante planificado y logrado en la cresta de la mandíbula fue de  $0,57 - 0,49\text{mm.}$ , medido desde el lingual, y de  $0,58 - 0,4\text{mm.}$ , medido desde bucal.

En la punta de los implantes, la desviación fue de  $0,77 - 0,63\text{mm.}$ , en lingual y de  $0,79 - 0,7\text{mm.}$ , por bucal.

La desviación angular media entre lo planeado y la posición real a que quedó el implante colocado fue de  $3,55 - 2,07$  grados.

En el 2005, los Dres. Nardy Casap, Jakob Brief, Stefan Hassfeld y Georg Eggers del Departamento de Cirugía Oral y Cráneo Maxilofacial del Hospital Universitario de

Heidelberg en Alemania, realizaron un estudio para ver la: la precisión de dos sistemas disponibles comercialmente disponibles para guiar por imágenes la inserción de implantes dentales basados en cámaras de seguimiento por infrarrojos; y se comparó con la inserción manual [351].

Determinaron que, en comparación con la implantación manual, la desviación en el posicionamiento fue significativamente menor usando cualquiera de los sistemas de inserción de implantes guiados por imágenes.

En el 2007, el Dr. Gert Wittwer y cols. Del Departamento de Cirugía Oral y Maxilofacial de la Universidad de Medicina de Viena realizaron un estudio para evaluar si se podían colocar implantes transmucosos sin colgajo con cirugía navegada en mandíbulas edéntulas [351].

La planificación por computadora para 80 implantes se realizó intraoperatoriamente.

La evaluación de la imagen postoperatoria de la Tomografía Computarizada reveló una desviación media de 0,7mm., en todas las direcciones.

Se realizó un estudio con modelos en el 2016 para determinar la precisión de la colocación de implantes dentales utilizando el sistema de navegación dinámico [212].

La desviación angular de los implantes era  $0,89^{\circ} \pm 0,35^{\circ}$  en casos de dentados y  $1,26^{\circ} \pm 0,66^{\circ}$  en casos de desdentados.

La precisión lineal tridimensional fue  $0,38 \pm 0,21$ mm., para dentados y  $0,56 \pm 0,17$ mm., para desdentados [212].

Los enfoques mínimamente invasivos son muy importantes por tener buenos resultados con menos recesión de tejidos duros y blandos [353].

Sin embargo, para algunos autores la precisión que se puede lograr con la implantación manual es suficiente para la mayoría de las situaciones clínicas [352].

### *Desarrollo actual*

El estudio realizado con cirugía guiada podría combinarse en el futuro y compararse con un protocolo combinado con la cirugía navegada.

En el DSP Science Training Center, se está desarrollando un nuevo sistema de cirugía navegada con el objetivo de conseguir un diseño más práctico para las clínicas dentales. Ya se usa en clínica desde mediados del 2017. Se necesita adquirir la habilidad de manejar el fresado observando el monitor y una cierta habituación en el manejo de la pieza de mano rotatoria para controlar tridimensionalmente la posición de la fresa, pero se consigue con unos minutos de ensayo.

Ahora el reto se centra en conseguir minimizar la aparatología de modo que sea más pequeña y manejable para el trabajo diario en las clínicas dentales con todo su potencial en búsqueda de la excelencia en el control quirúrgico <sup>[353]</sup>.

### *Comparativa Cirugía Navegada / Guiada*

Los sistemas CAS (computer-assisted surgical) se pueden clasificar como estáticos o dinámicos <sup>[212]</sup>.

En cuanto a una posible discusión de elección entre la Técnica de Cirugía Navegada y la Cirugía Guiada, las dos cumplen la decisión del implantólogo de utilizar el flapless approach, o cirugía sin colgajo y de planificar con precisión la distribución de los implantes, controlar la angulación correcta sobre todo en zonas estéticas y evitar técnicas más invasivas <sup>[593]</sup>.

La elección de qué método se va usar, viene condicionada por la experiencia clínica y la eficiencia en manos de cada implantólogo.

La Cirugía Guiada puede ser más recomendable para casos de paciente totalmente edéntulos. La Cirugía Navegada requiere el registro de unos puntos de referencia, que en los sistemas actuales no eran en un principio practicables en paciente edéntulos.

La ventaja es que en estos casos la Cirugía Guiada permite obtener la prótesis antes de la cirugía <sup>[593]</sup>.

Las guías quirúrgicas generadas por ordenador, permiten el flujo de la información en un único sentido: desde la Tomografía Computarizada hacia el campo quirúrgico, por lo que el plan de tratamiento está prefijado y no admite cambios en el momento de la cirugía.

Esto, que algunos pueden ver como un hándicap, para otros es una ventaja, pues si el plan está correctamente diseñado, lo mejor es que se transmita de la manera más precisa posible a la cirugía sin requerir decisiones o cambios en el momento.

La Cirugía Navegada tiene las ventajas sobre la Guiada de que no requiere un mínimo de apertura bucal, llega con mayor facilidad a zonas de difícil acceso como por ejemplo el segundo molar, facilita la colocación de implantes en zonas en que la visualización directa es más complicada, se puede planificar los implantes el mismo día en que se realiza el TAC del paciente, permite la planificación en zonas muy estrechas entre dientes, donde situación de la anilla en férula quirúrgica de la Cirugía Guiada puede verse dificultada.

La cirugía va adecuándose en retroalimentación constante a la vez con los datos de la Tomografía Computarizada y de la posición de la fresa, integrados ambos por el ordenador en la misma pantalla y en tiempo real. Con esta técnica, interactiva en ambos sentidos, se puede ir modificando intraoperatoriamente el tratamiento.

La precisión de la Cirugía Navegada en las diferentes publicaciones científicas puede considerarse muy alta, con desviaciones lineales no mayores de 1mm., y las angulares no sobrepasan los 3° [351,594].

En el 2016, los Dres. Michael S. Block y Robert W. Emery, con práctica privada en Los Ángeles y Washington, contrastaron y compararon 2 métodos de colocación de implantes dentales. Un método utiliza datos de tomografía computarizada para el diseño asistido por computadora y la fabricación asistida por computadora para generar guías estáticas para la colocación de implantes. Comentan que la elección de qué método es el más adecuado depende de cada situación, así como la experiencia del clínico [593].

A medida que la experiencia y competencia quirúrgica aumenta, el uso del método dinámico podría predominar, debido al flujo de trabajo eficiente en tiempo y costo.

La navegación dinámica es flexible, lo que permite al clínico cambiar el plan quirúrgico según lo dicte la situación clínica. No requiere trabajo de laboratorio, lo que permite escaneo inmediato, planificación y orientación sobre el mismo día que la presentación del paciente. El clínico debe entender que se requiere una curva de aprendizaje para ganar habilidad, que se puede conseguir con el entrenamiento y simulación práctica en un maniquí. [593].

Parece evidente que una posible combinación de los dos sistemas en el futuro sumaría las ventajas de los dos sistemas.

## *PERSPECTIVAS*

La técnica está documentada, orientada, matizada, promovida y justificada por la bibliografía y se pretende que la nueva sistemática, siempre en busca de mejoras, pueda ser útil en beneficio de la profesión y los pacientes.

Gracias a la nueva sistemática y los nuevos avances digitales de los últimos tres años, los inconvenientes en la implementación de la técnica del pasado son hoy en día superables. La técnica, ya no solo es más precisa, sino que es muy útil, beneficiosa y necesaria su generalización. En el último año han proliferado las clínicas dentales que ya han incorporado el escaneado óptico directo en clínica de la dentadura y no es necesario tomar la impresión con silicona; al igual que los programas de diseño 3d digital de las prótesis por lo que la nueva sistemática se potencia, perfila y proyecta hacia el futuro como todavía más eficiente <sup>[612]</sup>.

En julio del 2018, Francesco Mangano y Giovanni Veronesi del Departamento de Medicina y Cirugía de la Facultad de Odontología de la Universidad de Varese, Italia, presentan un ensayo controlado aleatorio, comparando la odontología digital con la analógica. Muestran altas tasas de éxito (92%) y una baja incidencia de complicaciones (8%), y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos después de la colocación de una corona definitiva. Sin embargo, los pacientes prefirieron las impresiones digitales a las convencionales y estaban globalmente más satisfechos con los procedimientos digitales, que fueron más eficientes en cuanto al costo y tiempo empleado por el clínico y el técnico de laboratorio <sup>[616]</sup>.

En el 2016, Vesela Valkova y cols., de la Escuela de Odontología de la Universidad Médica de Viena, Austria, realizan una revisión sistemática que analiza las tendencias temáticas en publicaciones de investigación clínica sobre implantes <sup>[609]</sup>. Los temas candentes en la literatura sobre implantes dentales incluyeron carga inmediata (14,3%), sustitutos óseos (11,6%), puentes de arcada completa (8,0%) y colocación inmediata de implantes (7,5%).

Se registró un aumento significativo en el interés científico para carga inmediata (+ 6,3%,  $p = 0,001$ ), cambio de plataforma (+ 2.9%,  $p = 0,001$ ), cirugía guiada de implantes (+

1,9%,  $p = 0,011$ ), factores de crecimiento ( $p = 0,014$ , + 1,4%), cirugía piezoeléctrica (+ 1,3%,  $p = 0,015$ ), y materiales restaurativos (+ 0,7%,  $p = 0,011$ ).

Los hallazgos con respecto a las investigaciones actuales sobre los implantes orales se corresponden con consumidores mejor informados y mayores demandas de los pacientes. Los resultados demuestran un interés creciente en técnicas que evitan procedimientos complicados como injertos óseos y reducir la duración del tratamiento.

## Formación

La técnica de cirugía guiada, no puede considerarse más fácil que las técnicas convencionales <sup>[450]</sup>. “La guía es un GPS (Global Positioning System) de precisión que no elimina la necesidad de un buen coche y experimentado conductor”. Es necesaria la formación e información clara y precisa, que resulte atractiva para los clínicos, y que se ponga a su alcance la nueva sistemática de escaneo <sup>[618]</sup>, para que la ejecución de la cirugía guiada les sea práctica y eficiente en su labor diaria.

En el año 2018, Thomas Altmann Moraes de Macedo, del Centro Universitario Doctor León Sampaio Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil, y cols. comentan que diversos trabajos relatan el éxito de esta técnica, sin embargo, la utilización de la cirugía guiada, aún es poco descrita en la literatura, de esta forma, su trabajo se propone describir las etapas de la planificación, la funcionalidad de esta técnica y sus aplicaciones clínicas <sup>[174]</sup>. Después del examen clínico del paciente, siguiendo la sistemática original, se le realiza una tomografía computarizada y se le informa de los hallazgos clínicos y radiológicos y de la posibilidad de realizar una rehabilitación con implantes, así como de la técnica quirúrgica de inserción de implantes mediante cirugía guiada.

Se comenta también el tipo de prótesis, características y duración del tratamiento, el seguimiento posterior con revisiones clínicas y radiológicas y de la posibilidad de la existencia de complicaciones y pérdida de implantes.

La Cirugía Guiada solo tiene un inconveniente, que se torna enseguida en un aliciente; es la curva de aprendizaje, que en realidad, acompaña a cualquier nuevo procedimiento o protocolo <sup>[396]</sup>.

## CONCLUSIONES

1- Usando la sistemática original de Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva, la media de desviaciones lineales entre la planificación y la posición obtenida de los implantes con la guía quirúrgica es de 0,60mm., en la parte coronal, 0,73mm., en la media y 0,90mm., en el ápice; y la desviación angular es de 1, 77°.

La media de las desviaciones usando la nueva sistemática de tomografía de la impresión dental es de 0,57mm., en la parte coronal, 0,69mm., en la media y 0,86mm., en el ápice; y la desviación angular es de 1, 7°. Por lo que podemos afirmar que la nueva técnica es un 5% más precisa, siendo esta diferencia no estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ).

2- La media de las desviaciones usando una férula convencional confeccionada por el laboratorio dental a partir de un encerado diagnóstico sobre el modelo de trabajo obtenido a partir de una impresión dental, pero sin usar la tomografía para poder utilizar el software de planificación viendo la disponibilidad ósea 3d, es de 1,32mm., en la parte coronal, 1,45mm., en la media y 1,83mm., en el ápice; y la desviación angular es de 4,74°. Por lo que podemos afirmar que las dos sistemáticas de cirugía guiada por ordenador son un mínimo de un 200% más precisas en cada medición que la colocación de implantes no guiada por ordenador, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

3- Como conclusión del estudio y de la Revisión Bibliográfica, la Cirugía Guiada Mínimamente Invasiva es el mejor método de inserción de los implantes, debido a que existe una menor influencia del error humano. La planificación previa a la cirugía permite visualizar el hueso y la prótesis, estudiar todos los detalles, prever el procedimiento quirúrgico y todos los materiales necesarios sin tener que improvisar según nos encontremos al abrir el colgajo; posibilitando la instalación inmediata de la prótesis con mayor satisfacción del paciente.

La extensa revisión bibliografía responde a las dudas entre los profesionales sobre el procedimiento y los puntos realmente trascendentes. La nueva sistemática digital elimina las barreras del pasado y eleva la precisión a eficiencia y practicidad.

Por tanto:

Demostramos la hipótesis primera logrando un incremento significativo de un 200% de precisión con la técnica guiada por ordenador en la colocación de los implantes, siendo estas diferencias estadísticamente significativas.

Demostramos la hipótesis segunda obteniendo un 5% de menor desviación y más precisión con la nueva sistemática de tomografía de la impresión dental, siendo estas diferencias no estadísticamente significativas.

Demostramos la hipótesis tercera por la revisión de la bibliografía y estudio de 10 años de evolución de la técnica de la cirugía de colocación de implantes dentales mínimamente invasiva guiada por ordenador que unánimemente concluye que es eficiente cuando se realiza un diagnóstico adecuado y una preparación meticulosa siguiendo todas las pautas y fases del tratamiento.



## CONCLUSIONS

1- Using the original system of Minimally Invasive Guided Surgery, the average of linear deviations between the planning and the position obtained from the implants with the surgical guide is. 0,60mm. in the coronal part, 0,73mm. in the middle and 0,90mm. in the apex; and the angular deviation is 1,77°.

The mean of the deviations using the new dental impression tomography system is 0,57mm., in the coronal part, 0,69mm. in the middle, and 0,86mm. in the apex; and the angular deviation is 1,7. So we can say that the new technique is 5% more precise, this difference being not statistically significant ( $p > 0,05$ ).

2- The average of the deviations using a conventional splint made by the dental laboratory from a diagnostic waxing on the work model obtained from a dental impression, but without using the tomography to be able to use the planning software seeing the availability bone 3d, is 1,32mm. in the coronal part, 1,45mm. in the middle and 1,83mm. in the apex; and the angular deviation is 4,74 °. Therefore, we can affirm that the two systematics of computer-guided surgery are a minimum of 200% more precise in each measurement than the implantation of non-computer-guided implants, these differences being statistically significant ( $p < 0,05$ ).

3- In conclusion of the study and the Bibliographic Review, The Minimally Invasive Guided Surgery is the best method of implant insertion, because there is less influence of human error. The pre-surgery planning allows to visualize the bone and the prosthesis, to study all the details, to provide the surgical procedure and all the necessary materials without having to improvise as we find ourselves when opening the flap; enabling the immediate installation of the prosthesis with greater patient satisfaction.

The extensive literature review responds to doubts among professionals about the procedure and the really important points. The new digital system eliminates the barriers of the past and raises accuracy to efficiency and practicality.

So:

We demonstrate the first hypothesis achieving a significant increase of 200% accuracy with the computer-guided technique in implant placement, these differences being statistically significant.

We demonstrate the second hypothesis, obtaining 5% lower deviation and more precision with the new dental impression tomography system, these differences not being statistically significant.

We demonstrate the third hypothesis by reviewing the literature and studying 10 years of evolution of the minimally invasive dental implant placement technique that unanimously concludes that it is efficient when an adequate diagnosis and meticulous preparation are made following all guidelines and phases of treatment.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Leana K., Mourelo JP. Cirugía guiada y carga inmediata de implante postextracción. Cir guiada y carga inmediata Implant postextracion [Internet] 2011;228(Gaceta Dental):138–45. Available from: [http://www.galimplant.com/web/images/stories/Caso\\_Clinico\\_Leana\\_Kathleen\\_Septiembre\\_2011.indd.pdf](http://www.galimplant.com/web/images/stories/Caso_Clinico_Leana_Kathleen_Septiembre_2011.indd.pdf)
2. Martins RJC, Lederman HM. Virtual planning and construction of prototyped surgical guide in implant surgery with maxillary sinus bone graft. Acta Cir Bras [Internet] 2013;28(9):683–90. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24000063>
3. Gómez Polo M., Celemín Viñuela A., López Miranda J. DRHJ. Coronas implantosoportadas: ¿individualizar o ferulizar? Av en Periodoncia e Implantol Oral 2010;19(1):1–9.
4. Rodriguez V. Carga diferida en implantología. Rev Esp Cir Oral y Maxilofac 2005;5:271–86.
5. Gonzalez E. Consideraciones técnicas en la elevación activa del seno maxilar. Revisión de la literatura. Rev ADM 2015;3(1):14–20.
6. Torabinejad M, Goodacre CJ. The factors affecting treatment planning. JADA 2006;137(July):973–7.
7. Ortega EV, Pato J, Frías JL, Poyato M, Lorrio JM. La cirugía guiada y carga inmediata en implantología oral. Consideraciones oclusales y prostodóncicas. Rev Esp Odontostomatológica Implant 2008;16(4):221–8.
8. Vanegas JC LN, Garzón-Alvarado D. Mecanobiología de la interfase hueso-implante dental. Rev Cubana Estomatol 2010;47(1):14–36.
9. Lekholm U, Gunne J, Henry P, Higuchi K, Lindén U, Bergström C, et al. Survival of the Brånemark implant in partially edentulous jaws: a 10-year prospective multicenter study. Int J Oral Maxillofac Implants 1999;14:639–45.
10. Russo JP. Brief History of Dental Implants. Fam Dent [Internet] 2009;2015(9th February):1–6. Available from: <http://jamesrussodds.com/history-of-dental-implants/>
11. Padilla C, Cahuana Q. Morphological and morphometric study of the mental

- foramen using cone-beam CT in dentate adult patients Materials and methods :  
 Odontostomatologia 2014;XVI(November 2014):4–12.
12. Salvi G et al. Effects of diabetes mellitus on periodontal and peri-implant conditions : update on associations and risks. *J Clin Periodontol* 2008;35:398–409.
  13. Balderas Tamez JE, Neri Zilli F, Fandiño LA, Guizar JM. Factores relacionados con el éxito o el fracaso de los implantes dentales colocados en la especialidad de Prosthodontia e Implantología en la Universidad de La Salle Bajío. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac* 2017;39(2):63–71.
  14. Koo S, Júnio KB, Mizusaki CI, Júnior SA, Yoshimoto M, Carbonari MJ. Efectos del consumo de alcohol en la oseointegración de los implantes de titanio en conejos. *Implant Dent* 2004;13(3)(1):232–7.
  15. Bascones A CA. Actinobacillus Actinomycetemcomitans y Porphyromonas Gingivalis como principales patógenos periodontales. *Av Periodoncia* 2000;12(2):69–76.
  16. Lourdes M De, Pérez M, Armando J, Mendoza L. Bacterias asociadas a enfermedades periodontales Bacterial related to periodontal diseases. *Oral* 2016;17(54):1374–8.
  17. Klinge B, Gustafsson A, Hultin M, Figueredo CMS. Bone loss of relevance for implant placement in periodontitis patients. *Tandlakartidningen* 1998;90(17):25–8.
  18. Tjellström A. The father of Osseointegration and the godfather of the BAHA: Professor Per-Ingvar Brånemark, Göteborg Sweden has passed away in his 86th year. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* 2015;272(4):779–80.
  19. Jokstad A. Why did Professor Per-Ingvar Brånemark never receive the Nobel Prize in Medicine? *Clin Exp Dent Res* 2017;3(3):79–80.
  20. Ravald N, Dahlgren S, Teiwik A, Gröndahl K. Long-term evaluation of Astra Tech and Brånemark implants in patients treated with full-arch bridges. Results after 12-15 years. *Clin Oral Implants Res* 2013;24(10):1144–51.
  21. Thomsson M, Larsson Wexell C. A 5-year retrospective case series evaluating Brånemark Integration BioHelix™ dental implants placed in a private practice by a specialist. *Acta Odontol Scand* [Internet] 2013;71(5):1195–9. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/00016357.2012.757362>
  22. Younis I, Gault D, Sabbagh W, Kang N V. Patient satisfaction and aesthetic

- outcomes after ear reconstruction with a Branemark-type, bone-anchored, ear prosthesis: A 16 year review. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg* [Internet] 2010;63(10):1650–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2009.10.004>
23. Profeta AC. Brånemark's legacy. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* 2016;273(5):1329–30.
  24. F V, Jp P, Valdivia J. Carga Diferida v/s Inmediata, Estudio en Prótesis sobre Implantes Delayed v/s Immediate Load, Study on Prosthesis Implant. *Rev Clínica Periodoncia, Implantol y Rehab Oral* 2009;2(3):152–6.
  25. Stadlinger B, Terheyden H, Hämmerle C, Nevins M. Cell - To - Cell Communication. *QUINTESENCE* 2011;1(1):1–33.
  26. Vargas-Ruiz ÁG. El fibrinógeno: Su fisiología e interacciones en el sistema de la coagulación. *Rev Mex Anestesiología* 2016;39(4):S321–3.
  27. Behrndt H. LA. Estudio de la biocompatibilidad. *Mater Sci Eng* 2011;(6):120–33.
  28. Alshehri M. The maintenance of crestal bone around dental implants. implants [Internet] 2011;2:20–4. Available from: <papers://f39c1aed-165a-4b8e-85a1-7f0f02e1f568/Paper/p2779>
  29. Herrera-Briones FJ , Romero-Olid MN V-CM. Puesta al día sobre implantes de carga inmediata . Revisión bibliográfica. *Med Oral* 2004;9(1):74–81.
  30. Balshi TJ, Wolfinger GJ. Immediate Loading of Dental Implants in the Edentulous Maxilla : Case Study of a Unique Protocol. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23(1):37–45.
  31. Gulsahi A. Bone quality assessment for dental implants. *Implant Dent INTECH Open Access Publ* 2011;437–52.
  32. Aalam A, Nowzari H. Clinical evaluation of dental implants with surfaces roughened by anodic oxidation, dual acid-etched implants, and machined implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20(5):793–8.
  33. Domínguez J, Acuña J, Rojas M, Bahamondes J, Matus S. Estudio de asociación entre enfermedades sistémicas y el fracaso de implantes dentales. *Rev.clín.periodoncia Implant* [Internet] 2013;6(1):9–13. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-01072013000100002](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072013000100002)
  34. Ramanauskaite A, Juodzbaly G. Diagnostic Principles of Peri-Implantitis: a

- Systematic Review and Guidelines for Peri-Implantitis Diagnosis Proposal. *J Oral Maxillofac Res* [Internet] 2016;7(3):1–15. Available from: <http://www.ejomr.org/JOMR/archives/2016/3/e8/v7n3e8ht.htm>
35. Iturre B et al. Asociación del tabaco con la periimplantitis. *Periodoncia y Osteointegración* 2010;20(3):199–206.
  36. Quirynen M, De Soete M, Van Steenberghe D. Infectious risks for oral implants: A review of the literature. *Clin Oral Implants Res* 2002;13(1):1–19.
  37. Balshi T, Wolfinger G, Stein B, Balshi S. A Long-term Retrospective Analysis of Survival Rates of Implants in the Mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet] 2015;30(6):1348–54. Available from: [http://quintpub.com/journals/omi/abstract.php?iss2\\_id=1340&article\\_id=15795&article=17&title=A Long-term Retrospective Analysis of Survival Rates of Implants in the Mandible#.Vkt2-aShzFI](http://quintpub.com/journals/omi/abstract.php?iss2_id=1340&article_id=15795&article=17&title=A Long-term Retrospective Analysis of Survival Rates of Implants in the Mandible#.Vkt2-aShzFI)
  38. Alvim-Pereira F, Montes CC, Mira MT, Trevilatto PC. Genetic susceptibility to dental implant failure: a critical review. *Int J Oral Maxillofac Implant* [Internet] 2008;23(3):409–16. Available from: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=18700362](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=18700362)
  39. Lin L, Wang H, Ni M, Rui Y, Cheng TY, Cheng CK, et al. Enhanced osteointegration of medical titanium implant with surface modifications in micro/nanoscale structures. *J Orthop Transl* [Internet] 2014;2(1):35–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jot.2013.08.001>
  40. Peñarrocha M, Uribe R, Balaguer, José. University of Valencia, Valencia S. Implantes inmediatos a la exodoncia . Situación actual. *Med Oral* 2004;9(1):234–42.
  41. Pejeva E et al. Marginal Bone Resorption at Dental Implant – 12 Clinical Cases. *J Dent Oral Heal* 2018;4(1):1–11.
  42. Martínez-González JM, Cano Sánchez J, Campo Trapero J, Martínez-González MJS, García-Sabán F. Diseño de los implantes dentales: Estado actual. *Av en Periodoncia e Implantol Oral* 2002;14(3):8.
  43. Velasco E, Poyato M, Lorrio JM, Alfonso U. La investigación experimental y la experiencia clínica de las superficies de los implantes dentales ( I ). *Master Implantol Oral Univ Sevilla* 2009;9(1):36–42.

44. Friberg B, Ekestubbe a, Sennerby L. Clinical outcome of Branemark System implants of various diameters: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implant* [Internet] 2002;17(5):671–7. Available from: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=12381067](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12381067)
45. Renouard F, Arnoux JP, Sarmant DP. Five-mm-diameter implants without a smooth surface collar: report on 98 consecutive placements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;14(1):101–7.
46. Wilson TG, Miller RJ, Trushkowsky R, Dard M. Tapered Implants in Dentistry: Revitalizing Concepts with Technology: A Review. *Adv Dent Res* 2016;28(1):4–9.
47. Branemark PI, Svensson B, Vansteenbergh D. 10-year survival rates of fixed prostheses on 4 or 6 implants ad-modum branemark in full edentulism. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:227–31.
48. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Branemark PI, Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5(4):347–59.
49. Ganeles J, Wismeijer D. Early and immediately restored and loaded dental implants for single-tooth and partial-arch applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19 Suppl:92–102.
50. Campelo LD, Camara JRD. Flapless implant surgery: a 10-year clinical retrospective analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;17(2):271–6.
51. Krekeler G et al. Elevación localizada del seno maxilar a través de un abordaje transalveolar. *Av Odontoestomatol* 2001;13(1):49–55.
52. Krasny K, Krasny M, Kamiński A. Two-stage closed sinus lift: a new surgical technique for maxillary sinus floor augmentation. *Cell Tissue Bank* 2015;16(4):579–85.
53. Delgadillo Ávila JR. Crecimiento y desarrollo del seno maxilar y su relación con las raíces dentarias. *Kiru* 2005;II(1):46–51.
54. Rosen PS, Summers R, Mellado JR, Salkin LM, Shanaman RH, Marks MH, et al. The bone-added osteotome sinus floor elevation technique: multicenter retrospective report of consecutively treated patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14(6):853–8.

55. Ueno D, Kurokawa T, Maruo K, Watanabe T, Jayawardena JA. Palatal window osteotomy technique improves maxillary sinus augmentation in previously insufficient augmentation case. *Int J Implant Dent* [Internet] 2015;1(1):19. Available from: <http://www.journalimplantdent.com/content/1/1/19>
56. Lundgren S, Cricchio G, Palma VC, Salata LA, Sennerby L. Sinus membrane elevation and simultaneous insertion of dental implants: A new surgical technique in maxillary sinus floor augmentation. *Periodontol 2000* 2008;47(1):193–205.
57. Riben C, Thor A. The maxillary sinus membrane elevation procedure: Augmentation of bone around dental implants without grafts - A review of a surgical technique. *Int J Dent* 2012;2012.
58. Marchetti E, Lopez MA, Confalone L, Mummolo S, Marzo G. Maxillary sinus augmentation by crestal approach. *J Osseointegration* 2010;3(October):79–83.
59. Ardekian L, Oved-Peleg E, Mactei EE, Peled M. The clinical significance of sinus membrane perforation during augmentation of the maxillary sinus. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64(2):277–82.
60. Pikos MA. Maxillary sinus membrane repair: Update on technique for large and complete perforations. *Implant Dent* 2008;17(1):24–31.
61. Estaca E, Cabezas J, Usón J, Sánchez-Margallo F, Morell E, Latorre R. Maxillary sinus-floor elevation: An animal model. *Clin Oral Implants Res* 2008;19(10):1044–8.
62. Sarabia GO, Ernesto J, Villasana M, Campos AU. Alternativa quirúrgica para abordaje del seno maxilar, técnica cuadrangular; reporte de un caso. *Rev Odontológica Mex* 2008;12:94–100.
63. Zhu L, He L, Wang Q, Chen X, Xu J, Wang H. Modified maxillary sinus floor elevation via a mini-lateral window with simultaneous placement of dental implants: A clinical and radiographical study. *Int J Clin Exp Med* 2017;10(6):9314–21.
64. Calvo Guirado JL, Saez Yuguero R, Pardo Zamora G. Compressive osteotomes for expansion and maxilla sinus floor lifting. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006;11(1):37–40.
65. Johansson LÅ, Isaksson S, Lindh C, Becktor JP, Sennerby L. Maxillary Sinus Floor Augmentation and Simultaneous Implant Placement Using Locally Harvested Autogenous Bone Chips and Bone Debris: A Prospective Clinical



- Study. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet] 2010;68(4):837–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2009.07.093>
66. Bernardello F, Righi D, Cosci F, Bozzoli P, Soardi Carlo M, Spinato S. Crestal sinus lift with sequential drills and simultaneous implant placement in sites with <5 mm of native bone: A multicenter retrospective study. *Implant Dent* 2011;20(6):439–44.
  67. Romanos GE. Immediately loaded implants placed with simultaneous sinus lift procedure and cross-arch rehabilitation. A case report after five years. *J Osseointegration* 2010;2(1):28–33.
  68. Fornell J, Johansson LÅ, Bolin A, Isaksson S, Sennerby L. Flapless, CBCT-guided osteotome sinus floor elevation with simultaneous implant installation. I: Radiographic examination and surgical technique. A prospective 1-year follow-up. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(1):28–34.
  69. Sculean A, Jepsen S. Biomaterials for the Reconstructive Treatment of Periodontal Intrabony Defects. *Perio* 2004;1(2):97–110.
  70. Denia Morales Navarro DVM. Revista Cubana de Estomatología Regeneración ósea guiada en estomatología Guided bone regeneration in dental practice. *Rev Cuba Estomatol* 2017;53(1):1–13.
  71. Tobón S y cols. Estudio Comparativo en Cirugía Perirradicular entre la técnica convencional y técnicas para la regeneración ósea. *Rev. Fac. Odontol. U. A.*2000;2(1):5–12.
  72. Denia Morales Navarro DVM. Guided bone regeneration in dental practice. *Rev Cubana Estomatol* 2016;51(1):67–83.
  73. Chiapasco M. Bone augmentation procedures in Implant Dentistry Bone Augmentation Procedures in. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015;(October):1–4.
  74. Gómez Arcila, Verónica, Benedetti Angulo, Guido, Castellar Mendoza, Camilo, Fang Mercado, Luis, Díaz Caballero A. Regeneración ósea guiada: nuevos avances en la terapéutica de los defectos óseos. *Rev. Cubana Estomatol.*2014;51(2):187–94.
  75. Takemoto M, Zago CDC, Tagliari D, Andrade MR De. Regeneração óssea guiada associada a membrana de politetrafluoretileno expandido (ptfe-e). *Technológica uceff* 2015;60–7.
  76. Obata T, Witt S, Lisec J, Palacios-Rojas N, Florez-Sarasa I, Araus JL, et al.

- Metabolite profiles of maize leaves in drought, heat and combined stress field trials reveal the relationship between metabolism and grain yield. *Plant Physiol* [Internet] 2015;49(0):pp.01164.2015. Available from: <http://www.plantphysiol.org/lookup/doi/10.1104/pp.15.01164>
77. Lee Y, Kim HH. The role of Jak/STAT pathways in osteoclast differentiation. *Biomol Ther* 2011;19(2):141–8.
  78. De Marco T, Peccarisi M, Conversano F, Greco A, Chiozzi S, De Pascalis F, et al. A new approach for measuring the trabecular bone density through the echosound backscattering: An ex vivo validation on human femoral heads. *Meas J Int Meas Confed* [Internet] 2016;87:51–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2016.03.011>
  79. Dilogo I, Pramantha B, Kodrat E, Anggraini R. Comparison of Regeneration between Human Bone Marrow and Adipose Mesenchymal Stem Cells on Treatment of Critical Size Bone Defect in Sprague Dawley Rats. *Annu Res Rev Biol* [Internet] 2017;19(3):1–9. Available from: <http://www.sciencedomain.org/abstract/21775>
  80. Ghanaati S, Kirkpatrick C, Kovács A, Landes C, Lorenz J, Sader R, et al. Synthetic bone substitute material comparable with xenogeneic material for bone tissue regeneration in oral cancer patients: First and preliminary histological, histomorphometrical and clinical results. *Ann Maxillofac Surg* [Internet] 2013;3(2):126. Available from: <http://www.amsjournal.com/text.asp?2013/3/2/126/119221>
  81. Rauch F. Bone growth in length and width: The Yin and Yang of bone stability. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2005;5(3):194–201.
  82. Hosseini Y, Emadi R, Kharaziha M. Surface modification of PCL-diopside fibrous membrane via gelatin immobilization for bone tissue engineering. Elsevier B.V.; 2017.
  83. Beltrán V, Engelke W, Fuentes R, Decco O, Prieto R, Wilckens M, et al. Bone Augmentation With Occlusive Barriers and Cortical Particulate Allograft in Transverse Maxillary Defects: A Pilot Study. *Int J Morphol* [Internet] 2014;32(1):364–8. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022014000100057&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022014000100057&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

84. Alekseeva T, Hadjipanayi E, Abou Neel EA, Brown RA. Engineering stable topography in dense bio-mimetic 3D collagen scaffolds. *Eur Cells Mater* 2012;23:28–40.
85. Ortiz CDBJ, Javier CD, Trinidad AG. PTFE-e en regeneración tisular guiada. *Rev ADM* 2006;LXIII(4):135–41.
86. Pava Lozano JP. Análisis microscópico de membranas no reabsorbibles de politetrafluoretileno expandido de alta densidad (d-ptfe) expuestas al medio oral luego de procedimientos de aumento de reborde alveolar. *Fac Odontol - Espec Periodoncia - Univ Nac Colomb* 2014;
87. Laurel T, Perelman Karmon M, Nguyen D, Dziak R. Nanocalcium sulfate and collagen biomaterials: Effects on osteoblastic cells. *Dent Oral Craniofacial Res [Internet]* 2017;3(4):1–5. Available from: <http://oatext.com/Nanocalcium-sulfate-and-collagen-biomaterials-Effects-on-osteoblastic-cells.php>
88. Kankare J, Lindfors NC. Reconstruction of Vertebral Bone Defects using an Expandable Replacement Device and Bioactive Glass S53P4 in the Treatment of Vertebral Osteomyelitis: Three Patients and Three Pathogens. *Scand J Surg* 2016;105(4):248–53.
89. Lindfors NC, Koski I, Heikkilä JT, Mattila K, Aho AJ. A prospective randomized 14-year follow-up study of bioactive glass and autogenous bone as bone graft substitutes in benign bone tumors. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater* 2010;94(1):157–64.
90. Martínez AM. Eucleación de odontoma compuesto maxilar con regeneración ósea guiada. *Av Odontoestomatol [Internet]* 2013;29(6):287–90. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0213-12852013000600002&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0213-12852013000600002&script=sci_arttext&tlng=en)
91. Nannmark U, Azarmehr I. Short communication: Collagenated cortico-cancellous porcine bone grafts. A study in rabbit maxillary defects. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010;12(2):161–3.
92. De Bruyn H, Bouvry P, Collaert B, De Clercq C, Persson GR, Cosyn J. Long-Term Clinical, Microbiological, and Radiographic Outcomes of Bränemark Implants Installed in Augmented Maxillary Bone for Fixed Full-Arch Rehabilitation. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013;15(1):73–82.
93. Matsumoto MA, Filho HN, Francischone AE, Consolaro A. Microscopic analysis

- of reconstructed maxillary alveolar ridges using autogenous bone grafts from the chin and iliac crest. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17(4):507–16.
94. Reyes M. Revisión Bibliográfica Actualización de la Técnica de Obtención y Uso del Resumen Introducción Desarrollo. *Rev Dent Chile* 2002;93(2):25–8.
  95. Fernández López RG. Plasma Rico en Factores de Crecimiento. *Rev Odontológica Meicana* 2005;9(3):141–6.
  96. Orozco AV, Gómez CA, Luc J, Celis M. Efectividad de los concentrados plaquetarios (PRP, PRF y PRFC) para la regeneración ósea en cirugía bucal y periodontal. Una revisión sistemática. *Rev Venez Cienc y Tecnol* [Internet] 2016;4(2):253–72. Available from: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/rvio>
  97. Thor A. On Platelet-Rich Plasma in Reconstructive Dental Implant Surgery by. 2006.
  98. Mazor Z, Horowitz RA, Del Corso M, Prasad HS, Rohrer MD, Dohan Ehrenfest DM. Sinus Floor Augmentation With Simultaneous Implant Placement Using Choukroun's Platelet-Rich Fibrin as the Sole Grafting Material: A Radiologic and Histologic Study at 6 Months. *J Periodontol* [Internet] 2009;80(12):2056–64. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2009.090252>
  99. Cámara D. Preservación de Reborde Alveolar con Ingeniería Tisular mediante Fibrina Rica en Plaquetas : Reporte de Caso Clínico . *Rev Ciencias, Tecnol e Innovación* [Internet] 2015;2(2):1–10. Available from: <http://186.46.158.26/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/67>
  100. Pinto NR, Temmerman A, Castro AB, Cortellini S, Teughels W, Quirynen M. Guía para el uso de L-PRF Guía para el uso de L-PRF Enfoque Paso a Paso. *Univ Católica Lovaina* 2018;1–20.
  101. Velasco Ortega E, Pato Mourelo J, García Méndez A, Segura Egea JJ JGA. Implantología oral guiada asistida por ordenador en el tratamiento del paciente edéntulo mandibular. *Av Periodoncia* 2011;23(1):11–9.
  102. Lal K, White GS, Morea DN, Wright RF. Use of stereolithographic templates for surgical and prosthodontic implant planning and placement. Part II. A clinical report. *J Prosthodont* 2006;15(2):117–22.
  103. Mascarenhas VI, de Molon RS, Jacovassi Tavares L, Ferreira Mendes LM, Rodrigues Tonetto M, Coelho Bandeca M. The use of Computer Guided Implant Surgery in Oral Rehabilitation: A Literature Review. *World J Dent* [Internet]

- 2014;5(16):60–3. Available from:  
<http://www.jaypeejournals.com/eJournals/ShowText.aspx?ID=5689&Type=FREE&TYP=TOP&IN=~eJournals/images/JPLOGO.gif&IID=432&isPDF=YES>
104. Souza KMD, Aras MA. Types of Implant Surgical Guides in Dentistry : A Review. *J Oral Implantol* 2012;XXXVIII(5):643–52.
  105. Ravidà A, Barootchi S, Tattan MA, Muhammad HA, Dds JG, Wang H. Clinical Outcomes and Cost Effectiveness of Computer-Guided Versus Conventional Implant-Retained Hybrid Prosthesis: A Long-Term Retrospective Analysis of Treatment Protocols. doi 101002/JPER18-0015 (734).
  106. Tallarico M, Xhanari E, Cocchi F, Canullo L SF, SM M. Accuracy of computer-assisted template- based implant placement using a conventional impression and scan model or digital impression : A preliminary report from a randomized controlled trial. *J Oral Sci Rehabil* 2017;3(3).
  107. Koshy E et al. Computer Guided Implant Surgery : A Clinical Report. *J Oral Sci Rehabil* 2009;1(August):23–9.
  108. Bruno V, Badino M, Riccitiello F, Spagnuolo G, Amato M. Computer Guided Implantology Accuracy and Complications. *Case Rep Dent [Internet]* 2013;2013(September):1–6. Available from:  
<http://www.hindawi.com/journals/crid/2013/701421/>
  109. Marheineke N, Scherer U, Rücker M, See C Von, Rahlf B, Gellrich N, et al. Evaluation of accuracy in implant site preparation performed in single- or multi-step drilling procedures. 2018;2057–67.
  110. Wulfman C, Hadida A, Rignon-Bret C. Radiographic and surgical guide fabrication for implant-retained mandibular overdenture. *J Prosthet Dent [Internet]* 2010;103(1):53–7. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60218-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60218-3)
  111. Schnutenhaus S, Gr S, Luthardt RG, Rudolph H. Accuracy of the match between cone beam computed tomography and model scan data in template-guided implant planning : A prospective controlled clinical study. 2018;(September 2017):1–9.
  112. Danza M, Carinci F. Flapless surgery and immediately loaded implants: a retrospective comparison between implantation with and without computer-assisted planned surgical stent. *Stomatologija [Internet]* 2010;12(2):35–41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20679754>

113. Spinelli D, Ottria L, De Vico GD, Bollero R, Barlattani A, Bollero P. Full rehabilitation with nobel clinician® and procera implant bridge®: Case report. *ORAL Implantol* 2013;6(2):25–36.
114. Kumar CA, Kumar CR, Sujesh M, Priyalatha S. Implant placement using CBCT guided stent and conventional stent - A case report. 2018;4(March):9–12.
115. Karunagaran S, Egbert J, Johnson A, Markose SC. Surgical Prosthodontics--A Shift in Patient Treatment at the University of Tennessee Graduate Prosthodontic Program (Case Report]. *J Tenn Dent Assoc* 2015;95(2):12–7.
116. Uhlendorf J, Uhlendorf Y, Luiz J, Bressani JA AW. Rehabilitation of the maxilla with computer-assisted flapless surgery according to virtual preoperative planning : A case report. *Dent Pres Implant* 2014;8(3):66–75.
117. Yeshwante B, Baig N, Tambake SS, Tambake R, Patil V, Rathod R. Mastering dental implant placement. *J Appl Dent Med Sci* 2017;3(June).
118. Pawar A, Mittal S, Singh RP, Bakshi R, Sehgal V. A Step toward Precision : A Review on Surgical Guide Templates for Dental Implants. *Int J Sci Study* 2016;3(11):262–6.
119. Mandelaris GA, Alan L. Rosenfeld. The Expanding Influence of Computed Tomography and The Application of Computer-Guided Implantology. *Pract Proced Aesthet Dent [Internet]* 2014;20(1 Neurology of Pregnancy):9–10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24492804>
120. Sudesh Dandekeri S, Sowmya MK, Bhandary S. Stereolithographic surgical template: A review. *J Clin Diagnostic Res* 2013;7(9):2093–5.
121. Lemos J, José E, Rikio M. *Revista Clínica de Periodoncia , Implantología y Rehabilitación Oral Accuracy of computer-guided surgery.* 2016;
122. Viegas VN, Gustavo C, Lacroix S, Pagnoncelli RM, Oliveira MG De. Virtual Planning for Dental Implant Placement Using Guided Surgery. *Implant Dent – Most Promis Discip Dent* 2011;399–408.
123. Kattadiyil M, Parciak E, Puri E, Scherer M. CAD/CAM Guided Surgery in Implant Dentistry: A Brief Review. *Alpha Omegan* 2014;(February):1–10.
124. Richard H. Guided Implant Surgery. *PerioDontaLetter* (847).
125. Tallarico M, Meloni SM, Canullo L, Xhanari E PG. Guided surgery for single-implant placement : A critical review. *J Oral Sci Rehabil* 2016;2(4):8–14.
126. Kochhar A, Ahuja S. Computer Guided Implantology : For Optimal Implant

- Planning. *Dent Implant Dentures* 2015;1(1):1–4.
127. Colombo M, Mangano C, Mijiritsky E, Krebs M, Hauschild U, Fortin T. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: A critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health* 2017;17(1):1–9.
  128. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M JR. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer- guided template-based implant dentistry. *Clin Oral Impl* 2009;20:73–86.
  129. Pozzi A, Polizzi G, Moy PK, Pozzi Dds A. Guided surgery with tooth-supported templates for single missing teeth: A critical review. *Eur J Oral Implant* 2016;9(Suppl1):135–53.
  130. Borisov R. Radiological templates and CAD/CAM surgical guides. A literature review. *J IMAB - Annu Proceeding (Scientific Pap [Internet]* 2016;22(3):1285–95. Available from: <http://www.journal-imab-bg.org/issues-2016/issue3/vol22issue3p1285-1295.html>
  131. Orentlicher G, Jensen O, Horowitz A, Adams M, Abboud M. Combining All-on-4 treatment with CT-guided technology: technique and report of three cases. *Compend Contin Educ Dent [Internet]* 2013;34(7):534–44. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24428505>
  132. De Vico G, Spinelli D, Bonino M, Schiavetti R, Pozzi A, Ottria L. Computer-assisted virtual treatment planning combined with flapless surgery and immediate loading in the rehabilitation of partial edentulies. *Oral Implantol (Rome) [Internet]* 2012;5(1):3–10. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3533979&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
  133. Sasaki H, Hirano T, Nomoto S, Nishii Y, Yajima Y. Dental Implant Treatment with Computer-assisted Surgery for Bilateral Agenesis of Maxillary Lateral Incisors: A Case Report. *Bull Tokyo Dent Coll* 2018;59(1):43–51.
  134. Pinto A, Raffone C. Postextraction computer-guided implant surgery in partially edentate patients with metal restorations: A case report. *ORAL Implantol* 2017;10(1):71–7.
  135. Dolcini GA, Colombo M, Mangano C. From Guided Surgery to Final Prosthesis with a Fully Digital Procedure: A Prospective Clinical Study on 15 Partially Edentulous Patients. *Int J Dent* 2016;2016.

136. Segin CKR, Sakkir N. Implant – Supported full mouth rehabilitation: A guided surgical and prosthetic protocol. *J Clin Diagnostic Res* 2016;10(2):ZJ05-ZJ06.
137. Barros V de M, Costa NR de A, Martins PHF, Vasconcellos WA, Discacciati JAC, Moreira AN. Definitive presurgical CAD/CAM-guided implant-supported crown in an Esthetic area. *Braz Dent J* 2015;26(6):695–700.
138. Cebrian-Carretero JL, Guñales-Díaz de Cevallos, Jorge, Sobrino JA, Yu, Tomás, Burgueño-García M. Predictable dental rehabilitation in maxillomandibular reconstruction with free flaps. The role of implant guided surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2014;19(6):e605–11.
139. Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Tullio A. Full Arch Restoration with Computer-Assisted Implant Surgery and Immediate Loading in Edentulous Ridges with Dental Fresh Extraction Sockets. One Year Results of 10 Consecutively Treated Patients. *J Maxillofac Oral Surg* [Internet] 2013;12(3):321–5. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12663-012-0429-8>
140. Peñarrocha M, Viña J, Maestre L, Peñarrocha D, Balaguer J. Guided implant surgery with modification of the technique involving the raising of a semicircular miniflap: A preliminary study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012;17(5):1–6.
141. Pozzi A, DE Vico G, Sannino G, Spinelli D, Schiavetti R, Ottria L, et al. Flapless Transcrestal Maxillary Sinus Floor Elevation: computer guided implant surgery combined with expanding-condensing osteotomes protocol. *Oral Implantol (Rome)* 2011;4(1–2):4–9.
142. Tzerbos F, Sykaras N, Tzoras V. Restoration-guided implant rehabilitation of the complex partial edentulism: a clinical report. *J oral Maxillofac Res* [Internet] 2010;1(1):e8. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3886043&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
143. Colomina LE. Ventajas de la cirugía guiada por ordenador frente a la cirugía tradicional. *Gac Dent* 2009;1–13.
144. Casap N, Tarazi E, Wexler A, Sonnenfeld U, Lustmann J. Intraoperative Computerized Navigation for Flapless Implant Surgery and Immediate Loading in the Edentulous Mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20(1):92–8.
145. Aparicio-Magallón C. La cirugía guiada en tu centro. Colocación de implantes con cirugía mínimamente invasiva y planificada por ordenador. *Profesión Dent*



- 2007;10(9).
146. Marchack CB. CAD/CAM-guided implant surgery and fabrication of an immediately loaded prosthesis for a partially edentulous patient. *J Prosthet Dent* 2007;97(6):389–94.
  147. Giacomo GAP Di, Cury PR, Araujo NS de, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical Application of Stereolithographic Surgical Guides for Implant Placement: Preliminary Results. *J Periodontol* [Internet] 2005;76(4):503–7. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2005.76.4.503>
  148. Da Rosa ELS, Oleskovicz CF, Aragão BN. Rapid prototyping in maxillofacial surgery and traumatology: Case report. *Braz Dent J* 2004;15(3):243–7.
  149. Isaza JF. Prototipaje rápido de estructuras craneofaciales. *Ing y Cienc* 2008;4(8):27–43.
  150. Hanson M. Something to smile about: 3D graphics are revolutionizing oral health care. *IEEE Comput Graph Appl* 2001;21(4):14–20.
  151. Rosa E Da, Evangelista J, Júnior DS. Mandibular Condylar Hiperplasia. *Maxillofac Surg* 1994;(May 2012):86.
  152. Lorrio Castro JM, Sierra Armas L, García Ávila I, Lorrio Castro C, Gómez Font R. La rehabilitación con implantes en el paciente edéntulo maxilar mediante cirugía guiada y carga inmediata. *Av Periodoncia* 2015;27(3):117–24.
  153. Sánchez Garcés M et al. Revisión bibliográfica de Implantología Bucofacial. *Av en Periodoncia e Implantol Oral* 2012;24(1):19–38.
  154. Trevejo-bocanegra A. Estereolitografía: Conceptos básicos. *Rev Estomatolol Hered* 2013;23(2):96–100.
  155. Madriz Domínguez, Guillermo, Martín Cerrato A. Férulas quirúrgicas en Implantología. *Cient Dent* 2009;6(3):165–75.
  156. Cevidanes LHS, Bailey LJ, Tucker GR, Styner MA, Mol A, Phillips CL, et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol* 2005;34(6):369–75.
  157. Ozan O, Seker E, Kurtulmus-Yilmaz S, Ersoy AE. Clinical Application of Stereolithographic Surgical Guide With a Handpiece Guidance Apparatus: A Case Report. *J Oral Implantol* [Internet] 2012;38(5):603–9. Available from: <http://www.joionline.org/doi/abs/10.1563/AAID-JOI-D-11-00010>
  158. Perea Pérez, B., Labajo González, E., Carrión Bolaños, J., Bowen Antolín, A.,

- Morales Sánchez, A., Asurmendi Zulueta JC. Consentimiento informado en Implantología Oral. Propuesta de documentos. *JC Cient Dent* 2007;4(January):11–22.
159. Greenstein G, Cavallaro J, Romanos G, Tarnow D. Clinical Recommendations for Avoiding and Managing Surgical Complications Associated With Implant Dentistry: A Review. *J Periodontol* [Internet] 2008;79(8):1317–29. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2008.070067>
  160. Alández Chamorro FJ, Vázquez Gómez M DME. Tratamiento mucogingival en un a fenestración en zona estética. *Perio-Expertise*
  161. Rivera Coello J HV. Comunicación oroantral. Reporte de un caso. *ADM* 2013;70(4):209–12.
  162. García M. PS. Revisión bibliográfica de la anatomía del nervio dentario inferior y su implicancia en la cirugía implantológica de los sectores posteriores. *Rev Fac Odon UBA* 2014;29(66):11–7.
  163. Solano Mendoza P, Bascones A. Consideraciones anatómicas durante la cirugía periodontal. *Av Periodon Implant* 2014;26(1):11–7.
  164. Sociedad Española de Implantes. Documento de Consentimiento Informado para implantología. SEI 2002;
  165. Ibiapina V, Mascarenhas VI, Molon RS De, Tavares LJ, Maria L, Mendes F, et al. The use of Computer Guided Implant Surgery in Oral Rehabilitation : A Literature Review. *World J Dent* 2014;55(1):60–3.
  166. Kathleen L, Oliveira P. AA. Rehabilitación fija con implantes mediante cirugía guiada asistida por ordenador y carga inmediata. *Gac Dent* 2012;236(9):118–27.
  167. López Piriz R. A igual predictibilidad siempre hay que utilizar la técnica menos agresiva para el paciente. *Maxillaris* 2017;Julio(1):120–6.
  168. Meitner SW, Tallents RH. Surgical templates for prosthetically guided implant placement. *J Prosthet Dent* 2004;92(6):569–74.
  169. Arfai NK, Kiat-amnuay S. Radiographic and surgical guide for placement of multiple implants. *J Prosthet Dent* 2007;97(5):310–2.
  170. Martani N, Osman E, Segaan L, Rayyan M. A New Transfer Technique ( San Technique ) of CAD / MAM Surgical Guide for Prosthetic Driven Implant. 2015;4(5):470–5.
  171. Tealdo T, Menini M, Bevilacqua M, Pera F, Capalbo V, Pera P. Bränemark

- Novum. Immediate loading rehabilitation of edentulous mandibles: 11-year retrospective study. *Clin Oral Implants Res* 2015;26(1):83–9.
172. Pi-Urgell J, Vericat-Queralt JA. Brånemark Novum® - una alternativa para la rehabilitación del maxilar inferior desdentado. *RCOE* [Internet] 2002;7(1):1–13. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1138-123X2002000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2002000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
  173. Chen I-F, Wang C-C, Chen S-L, Kao Y-C. Selection of guided surgery dental implant systems using network data envelopment analysis. *Int J Manag Econ Soc Sci Int J Manag Econ Soc Sci Suggest Cit Int J Manag Econ Soc Sci* [Internet] 2018;7(Icmhi 2017):2304–1366. Available from: <http://hdl.handle.net/10419/176837>
  174. Altmann T, Macedo M De, Cybele A, Cunha Q, De JDM, Walter A, et al. Caso clínico Cirugía de implantes guiada por computador : relato de caso clínico. *J Dent Pub H* 2018;9(2):58–66.
  175. Moreira PCP. Rehabilitación implantosoportada con cirugía guiada en el sector anterosuperior afectado por quistes radiculares. *Maxillaris* 2015;
  176. Neugebauer J, Stachulla G, Ritter L, Dreiseidler T, Mischkowski RA, Keeve E, et al. Computer-aided manufacturing technologies for guided implant placement. *Expert Rev Med Devices* 2010;7(1):113–29.
  177. De Moya, Arana-Fdez E B-VP, F B-I, E. T-P. Tomografía computerizada: introducción a las aplicaciones dentales Computerized tomography: introduction to dental techniques. *Rcoe* [Internet] 2006;11(3):311–22. Available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/rcoe/v11n3/original3.pdf>
  178. Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of Cone Beam Computed Tomography for Periodontal Defect Measurements. *J Periodontol* [Internet] 2006;77(7):1261–6. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2006.050367>
  179. D’haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol.* 20002017;73(1).
  180. Harris Daniel Buser Karl Dula Kerstin Gröndahl David Harris Reinhilde Jacobs Ulf Lekholm Richard Nakielny Daniel van Steenberghe Paul van der Stelt D, Buser D, Dula K, Harris D, Nakielny R, van der Stelt P, et al. Guidelines for the use of Diagnostic Imaging in Implant Dentistry E.A.O. Guidelines for the use of Diagnostic Imaging in Implant Dentistry. *Clin Oral Impl Res* 2002;13:566–70.

181. Cuadrado L. Todos estamos familiarizados con uno de los grandes avances tecnológicos de la implantología moderna , la cirugía guiada por ordenador. *Gac Dent* 2011;Septiembre.
182. Mortaheb P, Rezaeian M. Metal Artifact Reduction and Segmentation of Dental Computerized Tomography Images Using Least Square Support Vector Machine and Mean Shift Algorithm. *J Med Signals Sens* [Internet] 2016;6(1):1. Available from: <https://www-ncbi-nlm-nih-gov.ez.srv.meduniwien.ac.at/pmc/articles/PMC4786958/><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27014607><http://files/2366/PMC4786958.html>
183. Marchack CB. An immediately loaded CAD/CAM-guided definitive prosthesis: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2005;93(1):8–12.
184. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CHF, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24 Suppl:92–109.
185. Rogério Margonar, Cássia Bellotto Corrêa, Ana Lúcia Roselino Ribeiro, Erika Oliveira de Almeida E, Marcantonio and Luís Geraldo Vaz. Computer-Guided Implantology. *Implant Dent* 2011;29.
186. Pavón P. Cirugía protésicamente guiada a propósito de un caso. *Gac Dent* 2015;270:130–46.
187. Deluiz D, Deluiz LF, Veiga LDM, Muniz E, Tinoco B. Validation of a method using cone beam computed tomography for measuring bone block grafts for the alveolar ridge augmentation. *Musculoskelet Regen* [Internet] 2016;2–7. Available from: <http://www.smartscitech.com/index.php/MR/article/view/1312>
188. Deluiz D, Oliveira LS, Fletcher P, Pires FR, Tinoco JM, Tinoco EMB. Histologic and tomographic findings of bone block allografts in a 4 years follow-up: A case series. *Braz Dent J* 2016;27(6):775–80.
189. Wanzeler AMV. Análise dos softwares gratuitos para tomografia computadorizada de feixe cônico de interesse aos cirurgiões-dentistas. *Rev Bras Odontol* [Internet] 2016;72(1/2):51. Available from: <http://revista.aborj.org.br/index.php/rbo/article/view/604>
190. Fortin T, Isidori MM, Blanchet EE, Perriat MM, Bouchet HH, Coudert JL. An Image-Guided System-Drilled Surgical Template and Trepine Guide Pin to Make Treatment of Completely Edentulous Patients Easier: A Clinical Report on

- Immediate Loading. *Clin Implant Dent Relat Res* [Internet] 2004;6(2):111–9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1708-8208.2004.tb00033.x>
191. López López CE, Quintana del Solar M. Rehabilitación de paciente fumador con prótesis híbrida sobre seis implantes. *Rev estomatol Hered* [Internet] 2016;26(1):37–46. Available from: <http://www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/REH/article/view/2819/2680>
  192. Mora MA, Chenin DL, Arce RM. Software tools and surgical guides in dental-implant-guided surgery. *Dent Clin North Am* 2014;58(3):597–626.
  193. Conference EC, March C. Avoiding Implant Malpositioning. *Eur Assoc Dent Implantol* 2014;49(March):0–17.
  194. Moy PK, Medina D, Shetty V, Aghaloo TL. Dental implant failure rates and associated risk factors. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20(4):569–77.
  195. Misch K, Wang HL. Implant surgery complications: Etiology and treatment. *Implant Dent* 2008;17(2):159–68.
  196. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The Effect of Inter-Implant Distance on the Height of Inter-Implant Bone Crest. *J Periodontol* [Internet] 2000;71(4):546–9. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2000.71.4.546>
  197. Tarnow D, Elian N, Fletcher P, Froum S, Magner A, Cho S-C, et al. Vertical Distance from the Crest of Bone to the Height of the Interproximal Papilla Between Adjacent Implants. *J Periodontol* [Internet] 2003;74(12):1785–8. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2003.74.12.1785>
  198. Yu-Jen Wu et al. The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *Chang Gung Med J* [Internet] 2003;26(11):822–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1474471>
  199. Ferreira-Lopes MW, Gusmao ES, Alves RDV, Rösing CK, Cimoies R. Effect of the distance from the contact point to the crestal bone on the degree of vertical loss of interdental papillae. *Perio* 2008;5(2):117–20.
  200. Campos S M, Peña S C. Ausencia de papila interdental: etiología, clasificación y terapéutica. *Jpapo* 2016;1(1):1–7.
  201. Tanwar N, Narula SC, Sharma RK, Tewari S. Papillary height and its relation with interproximal distances and cemento-enamel junction in subjects with chronic

- periodontitis. A cross-sectional study. *J Clin Diagnostic Res* 2016;10(4):ZC53-ZC56.
202. El Askary A. Papila interimplantaria. *Fundam la Odontol estética en Implant* 2002;1(1):225–8.
  203. Sawai AA Al, Rajmohan CS, Labib H, Tabiuk S. Advances in Dental Implant Positioning Techniques and Their Clinical Implications. *Open J Stomatol* [Internet] 2017;7(2):121–35. Available from: <http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/ojst.2017.72008>
  204. Zetu L, Wang HL. Management of inter-dental/inter-implant papilla. *J Clin Periodontol* 2005;32(7):831–9.
  205. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Umezu K, Kois JC. Dimensions of Peri-Implant Mucosa: An Evaluation of Maxillary Anterior Single Implants in Humans. *J Periodontol* [Internet] 2003;74(4):557–62. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2003.74.4.557>
  206. Niles A, Humpal-winter J. A simplified socket classification and repair technique. *Pract Proced Aesthet Dent* 2007;19(2):99–104.
  207. Jiménez-García J. *Implantología estética*. Rcoe 2005;10:327–39.
  208. Margonar R et al. Computer-Guided Implantology. *Implant Dent* 2011;2:287–300.
  209. Passoni B, L VB. Comparación clínica y tomográfica de implantes dentarios. *Acta Odont Venez* 2014;52(4).
  210. Tapn C, Mtf O. Guided Surgery in a Full Arch Rehabilitation of an Edentulous Maxilla. *J Dent Oral Disord* 2016;2(5):1–3.
  211. Valente F, Schirolì G, Sbrenna A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: a clinical and radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(2):234–42.
  212. Emery RW, Merritt SA, Lank K, Gibbs JD. Accuracy of Dynamic Navigation for Dental Implant Placement–Model-Based Evaluation. *J Oral Implantol* [Internet] 2016;42(5):399–405. Available from: <http://www.joionline.org/doi/10.1563/aaid-joi-D-16-00025>
  213. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18(4):571–7.

214. Porter JA, Von Fraunhofer JA. Success or failure of dental implants? A literature review with treatment considerations. *Gen Dent* 2005;53(6):423–32.
215. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Reasons for failures of oral implants. *J Oral Rehabil* 2014;41(6):443–76.
216. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1(1):11–25.
217. Zinman EJ. Dental Malpractice: What You must Know About Implants. *Plaintiff Mag* 2014;(November):1–4.
218. Palmer R. Dental implants: Introduction to dental implant. *Br Dent J* [Internet] 1999;187(3):127–32. Available from: <http://www.nature.com/doi/10.1038/sj.bdj.4800222>
219. Ariello F, Erindetti A, Baldoni M. Implantes Post-Extracción: Protocolo y Consideraciones Clínicas. *Av en Periodoncia e Implantol Oral* [Internet] 2000;12(2):91–102. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1699-65852000000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=en%5Cnhttp://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1699-65852000000200005&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-65852000000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=en%5Cnhttp://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1699-65852000000200005&script=sci_arttext&tlng=en)
220. Hasegawa T, Kawabata S, Takeda D, Iwata E, Saito I, Arimoto S, et al. Survival of Brånemark System Mk III implants and analysis of risk factors associated with implant failure. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet] 2017;46(2):267–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2016.10.014>
221. Shibuya Y, Takata N, Takeuchi J, Tsuji K, Suguru I, Kobayashi M, et al. Analysis of the 619 Brånemark system TiUnite implants: A retrospective study. *Kobe J Med Sci* 2012;58(1):19–28.
222. Esposito M, Ardebili Y, Worthington H V. Interventions for replacing missing teeth: different types of dental implants. *Cochrane database Syst Rev* 2014;7:1–88.
223. Esposito M, Grusovin MG, Willings M, Coulthard P, Worthington H V. The effectiveness of immediate, early, and conventional loading of dental implants: a Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22(6):893–904.
224. Letelier F C, Preisler E G, García C P, Salinas R F. Osteomielitis en el Cóndilo Mandibular y su Relación con la Anemia TT - Osteomyelitis in the Condyle of the

- Jaw and its Relationship with Anemia. *Int J Odontostomatol* [Internet] 2016;10(1):49–53. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-381X2016000100009&lang=pt](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2016000100009&lang=pt)
225. Mcdermott NE, Chuang DMDS, Woo DV V, Dodson TB. Complications of Dental Implants : Identification , Frequency , and Associated Risk Factors. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18(6):848–55.
  226. Whitley D BS. Digital implantology with desktop 3D Printing. *Formlabs White Pap* 2015;:1-15.
  227. Manz M et al. Factors Associated With Radiographic Vertical Bone Loss Around Implants Placed in a Clinical Study. *Ann Periodontol* [Internet] 2000;5(1):137–51. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1902/annals.2000.5.1.137>
  228. Oh T-J, Yoon J, Misch CE, Wang H-L. The Causes of Early Implant Bone Loss: Myth or Science? *J Periodontol* [Internet] 2002;73(3):322–33. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2002.73.3.322>
  229. Baggi L, Cappelloni I, Di Girolamo M, Maceri F, Vairo G. The influence of implant diameter and length on stress distribution of osseointegrated implants related to crestal bone geometry: A three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent* [Internet] 2008;100(6):422–31. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60259-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60259-0)
  230. Topkaya T, Solmaz MY, Dündar S, Eltas A. Numerical analysis of the effect of implant geometry to stress distributions of the three different commercial dental implant system. *Cumhur Dent J* 2015;18(1):17–24.
  231. Hof M, Pommer B, Strbac GD, Vasak C, Agis H, Zechner W. Impact of insertion torque and implant neck design on peri-implant bone level: a randomized split-mouth trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2014;16(5):668–74.
  232. Diéguez Pereira M, Santamaría Arrieta G, Fernández González F, Vega Álvarez J, Bellanco de la Pinta I, Martín Blanco N, et al. Influencia del Diseño Micro y Macroscópico de la Región Cervical del Implante en la Preservación de Hueso Marginal Perimplantario: Una Revisión Sistemática. *Int J Odontostomatol* [Internet] 2015;9(1):119–27. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-381X2015000100019&lang=pt](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2015000100019&lang=pt)



233. Herekar MG, Patil VN, Mulani SS, Sethi M, Padhye O. The influence of thread geometry on biomechanical load transfer to bone: A finite element analysis comparing two implant thread designs. *Dent Res J (Isfahan)* [Internet] 2014;11(4):489–94. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4163828&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
234. Li X, Dong F. Three-dimensional finite element stress analysis of uneven-threaded dental implant. *Int J Clin Exp Med* 2017;10(1):307–15.
235. Tarun Kumar A, Khalia N, Gayathri G, Kumar BD, Mehta D. Peri-implant Crestal Bone Preservation: Where do We Stand? *Int J Oral Implantol Clin Res* [Internet] 2013;4:72–7. Available from: <http://www.jaypeejournals.com/eJournals/ShowText.aspx?ID=5123&Type=FREE&TYP=TOP&IN=~eJournals/images/JPLOGO.gif&IID=394&isPDF=YES>
236. López-Marí L, Calvo-Guirado JL, Martín-Castellote B, Gomez-Moreno G, López-Marí M. Implant platform switching concept: An updated review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009;14(9).
237. Shetty M, Prasad DK, Sangeetha U, Hegde C. Platform Switching: A New Era in Implant Dentistry. *Int J Oral Implantol Clin Res* 2010;1(August):61–5.
238. Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Lolli FM, Deledda A, Campus G, et al. Implant restoration of edentulous jaws with 3D software planning, guided surgery, immediate loading, and CAD-CAM full arch frameworks. *Int J Dent* 2013;2013.
239. Donovan R, Fetner A, Koutouzis T, Lundgren T. Crestal Bone Changes Around Implants With Reduced Abutment Diameter Placed Non-Submerged and at Subcrestal Positions: A 1-Year Radiographic Evaluation. *J Periodontol* [Internet] 2010;81(3):428–34. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2009.090317>
240. Melo LA De, Barbosa M, Souza C De. Peri-Implant Bone Loss of External Hexagon and Morse Taper Implants in Patients Wearing Immediately Loaded Overdentures. 2017;28:694–8.
241. Ketabi M, Pilliar R, Deporter D. Factors Driving Peri-implant Crestal Bone Loss - Literature Review and Discussion. *J Implant Adv Clin Dent* 2008;1(9):19–27.
242. Schrottenboer J, Tsao Y-P, Kinariwala V, Wang H-L. Effect of Microthreads and Platform Switching on Crestal Bone Stress Levels: A Finite Element Analysis. *J*

- Periodontol [Internet] 2008;79(11):2166–72. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2008.080178>
243. Vanessa F, Natalia B, Carlos A. Un equipo de odontólogos y técnicos programadores implementa con éxito el primer servicio de asesoramiento médico para la realización de cirugía guiada. *Gac Dent* 2007;187(Diciembre):178–81.
  244. Di Giacomo GA, da Silva J V., da Silva AM, Paschoal GH, Cury PR, Szarf G. Accuracy and Complications of Computer-Designed Selective Laser Sintering Surgical Guides for Flapless Dental Implant Placement and Immediate Definitive Prosthesis Installation. *J Periodontol* [Internet] 2012;83(4):410–9. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2011.110115>
  245. Fuster-Torres MÁ, Albalat-Estela S, Alcañiz-Raya M, Peñarrocha-Diago M. CAD / CAM dental systems in implant dentistry: Update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009;14(3):3–7.
  246. Verhamme LM, Meijer GJ, Soehardi A, Bergé SJ, Xi T, Maal TJJ. An accuracy study of computer-planned implant placement in the augmented maxilla using osteosynthesis screws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2017;46(4):511–7.
  247. Flügge TV, Nelson K, Schmelzeisen R, Metzger MC. Three-dimensional plotting and printing of an implant drilling guide: Simplifying guided implant surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2013;71(8):1340–6.
  248. 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.
  249. Gabriel AC, Machado AR, Oleskovicz C, Dotto GN, Dotto PP. Avaliação da alteração dimensional de guias cirúrgicas prototipadas após autoclavagem Dimensional alteration of prototyped surgical guides after autoclave sterilization. *Rev Implant* 2010;7(6):109–17.
  250. Matta RE, Bergauer B, Adler W, Wichmann M, Nickenig HJ. The impact of the fabrication method on the three-dimensional accuracy of an implant surgery template. *J Cranio-Maxillofacial Surg* [Internet] 2017;45(6):804–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcms.2017.02.015>
  251. Scharf DR, Tarnow DP. Success rates of osseointegration for implants placed under sterile versus clean conditions. *J Periodontol* 1993;64(10):954–6.
  252. Chow JK. Computer-guided implantology : an overview with a case presentation.

- Hong Kong Dent J 2005;2(1):7–11.
253. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Flapless versus Conventional Flapped Dental Implant Surgery : A Meta-Analysis. PLoS One 2014;9(6):1–14.
  254. Flanagan D. Flapless Dental Implant Placement. J Oral Implantol 2007;33(2):75–83.
  255. Albrektsson T W. Review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. Int J Proshotontics 2004;17(5):536–43.
  256. Arora V et al. Finite Element Analysis of Dental Implant Surgical Guides on Fluent. Int J Sci Res Sci Technol [Internet] 2018;4(2):951–4. Available from: [https://ac.els-cdn.com/S2214785317321582/1-s2.0-S2214785317321582-main.pdf?\\_tid=b01031d5-1ea6-461e-878a-4fd11d31f643&acdnat=1530312715\\_00b92049e1f6a41d966af99b0cf49ce7](https://ac.els-cdn.com/S2214785317321582/1-s2.0-S2214785317321582-main.pdf?_tid=b01031d5-1ea6-461e-878a-4fd11d31f643&acdnat=1530312715_00b92049e1f6a41d966af99b0cf49ce7)
  257. Dagher M, Mokbel N, Jabbour G, Naaman N. Resonance frequency analysis, insertion torque, and bone to implant contact of 4 implant surfaces: Comparison and correlation study in sheep. Implant Dent 2014;23(6):672–8.
  258. Swami V, Vijayaraghavan V, Swami V. Current trends to measure implant stability. J Indian Prosthodont Soc [Internet] 2016;16(2):124. Available from: <http://www.j-ips.org/text.asp?2016/16/2/124/176539>
  259. Pomares C. Estudio clínico retrospectivo de pacientes edéntulos rehabilitados con el concepto de función inmediata All on four o All on six . Eur J Oral Implantol 2009;2(1):55–60.
  260. Menini M, Signori A, Tealdo T, Bevilacqua M, Pera F, Ravera G, et al. Tilted implants in the immediate loading rehabilitation of the maxilla: A systematic review. J Dent Res 2012;91(9):821–7.
  261. Neugebauer J et al. Guideline 2016 Update on short , angulated and diameter-reduced implants. Eur Assoc Dent Implantol 2016;
  262. Horiuchi K, Uchida H, Yamamoto K, Sugimura M. Immediate loading of Branemark system implants following placement in edentulous patients: a clinical report. Int J Oral Maxillofac Implant 2000;15(6):824–30.
  263. Simunek A, Strnad J, Kopecka D, Brazda T, Pilathadka S, Chauhan R, et al. Changes in stability after healing of immediately loaded dental implants. Int J Oral Maxillofac Implants [Internet] 2010;25(6):1085–92. Available from:

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21197483>
264. Atsumi M, Park SH, Wang HL. Methods used to assess implant stability: current status. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2007;22(5):743–54.
  265. Mateos Moreno B, Herrero Climent M, Lázaro Calvo P, Mas Bermejo C, Sanz Alonso M. Métodos clínicos para valoración de la estabilidad de la interfase implante-hueso. *Periodoncia* 2001;11(4):323–36.
  266. Noguerol B, Muñoz R, Mesa F, De Dios Luna J, O’Valle F. Early implant failure. Prognostic capacity of Periotest®: Retrospective study of a large sample. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(4):459–64.
  267. Isidor F. Mobility assessment with the Periotest system in relation to histologic findings of oral implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13(3):377–83.
  268. Andruch K. The clinical significance of two-level PVT Periotest® measurements – in vivo endosteal implant stability study. *Dent Forum* 2014;1(XLII):19–25.
  269. Sennerby L. Resonance frequency analysis for implant stability measurements. 2015;1–11.
  270. Friedrich Graef MK. Determination of Micromotion at the Implant Bone Interface - An In-Vitro Methodologic Study. *Dentistry [Internet]* 2015;5(4). Available from: <http://omicsonline.org/open-access/determination-of-micromotion-at-the-implant-bone-interface-an-invitro-methodologic-study-2161-1122-1000289.php?aid=44702>
  271. Duyck J, Vandamme K. The effect of loading on peri-implant bone: A critical review of the literature. *J Oral Rehabil* 2014;41(10):783–94.
  272. Trisi P, De Benedittis S, Perfetti G, Berardi D. Primary stability, insertion torque and bone density of cylindrical implant ad modum Branemark: Is there a relationship? An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2011;22(5):567–70.
  273. Sánchez Acedo C, Naval Gías L, Naval Parra B, Capote Moreno A. Riesgo de fractura implantaria en relación con el diámetro y la plataforma del implante: Estudio clínico y analítico de una serie de 33 casos. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac [Internet]* 2013;35(1):11–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.maxilo.2012.07.003>
  274. Greenstein G, Cavallaro JS, Tarnow DP. Clinical pearls for surgical implant dentistry: part 2. *Dent Today [Internet]* 2010;29(8):64, 66, 68 passim. Available from: <papers://ed3fc740-b5c1-4315-88cf-91a64926b285/Paper/p72>

275. Moya-Villaescusa MJ, Sánchez-Pérez AJ. Valor pronóstico de la densidad ósea y de la movilidad en el éxito implantológico. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac* [Internet] 2017;39(3):125–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.maxilo.2016.10.005>
276. Oliscovizc N et al. Surface treatment of implants: primary stability. *RGO, Rev Gaúch Odontol* 2014;4:357–64.
277. Farré Pagès N, Augé Castro ML, Alaejos Algarra F, Mareque Bueno J, Hernández Alfaro F. Relation between bone density and primary implant stability. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011;16(1):62–7.
278. Trujillo DM, Isabel ID, Brito M, René II. Injertos óseos en implantología oral Bone grafts in oral implantology. *Rev Medica Electron* 2014;36(4):449–61.
279. Carlos J, De V. Atlas practico de implantologia Oral. *Gac Dent* 2006;169:233–52.
280. Donati M, Botticelli D, Lascala V, Tomasi C, Berglundh T. Histological analysis of implants subjected to immediate functional loading in single tooth replacement Riassunto Material & Methods. *Ital Soc Periodontol* 2011;8:7–9.
281. Vanden Bogaerde L, Sennerby L. A randomized case-series study comparing the stability of implant with two different surfaces placed in fresh extraction sockets and immediately loaded. *Int J Dent* 2016;2016.
282. Bahat O, Sullivan RM. Parameters for successful implant integration revisited part I: Immediate loading considered in light of the original prerequisites for osseointegration. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010;12(SUPPL. 1):50–9.
283. Chiapasco M. Early and immediate restoration and loading of implants in completely edentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19 Suppl:76–91.
284. Nowzari H, Chee W, Yi K, Pak M. Scalloped Dental Implants : A Retrospective Analysis of Radiographic and Clinical Outcomes. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006;1:1–10.
285. Ramesh Chowdhary NC. Change in Paradigm : Dental Implant Loading. *J Oral Implantol* 2010;1(December):141–5.
286. Uribe R, Peñarrocha M, Balaguer J, Fulgueiras N. Immediate loading in oral implants. Present situation. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2005;10 Suppl 2(1):143–53.
287. Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Predicting

- osseointegration by means of implant primary stability: A resonance-frequency analysis study with delayed and immediately loaded ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15(5):520–8.
288. Granić M, Katanec D, Vučićević Boras V, Sušić M, Jurič IB, Gabrić D. Implant stability comparison of immediate and delayed maxillary implant placement by use of resonance frequency analysis--a clinical study. *Acta Clin Croat* [Internet] 2015;54(1):3–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26058235>
  289. Kim JJ, Lee DW, Kim CK, Park KH, Moon IS. Effect of conical configuration of fixture on the maintenance of marginal bone level: Preliminary results at 1 year of function. *Clin Oral Implants Res* 2010;21(4):439–44.
  290. Song D-W, Lee D-W, Kim C-K, Park K-H, Moon I-S. Comparative Analysis of Peri-Implant Marginal Bone Loss Based on Microthread Location: A 1-Year Prospective Study After Loading. *J Periodontol* [Internet] 2009;80(12):1937–44. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2009.090330>
  291. Abrahamsson I, Berglundh T. Tissue characteristics at microthreaded implants: An experimental study in dogs. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006;8(3):107–13.
  292. Kim DH, Kim HJ, Kim S, Koo KT, Kim T Il, Seol YJ, et al. Comparison of marginal bone loss between internal- and external-connection dental implants in posterior areas without periodontal or peri-implant disease. *J Periodontal Implant Sci* 2018;48(2):103–13.
  293. Cumbo C, Marigo L, Somma F, La Torre G, Minciocchi I, D'Addona A. Implant platform switching concept: A literature review. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2013;17(3):392–7.
  294. Duque A et al. Prevalence of peri-implant disease on platform switching implants: a cross-sectional pilot study. *Braz Oral Res* [Internet] 2016;30(1):3–10. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-83242016000100204&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242016000100204&lng=en&tlng=en)
  295. Kinaia BM, Shah M, Neely AL, Goodis HE. Crestal Bone Level Changes Around Immediately Placed Implants: A Systematic Review and Meta-Analyses With at Least 12 Months' Follow-Up After Functional Loading. *J Periodontol* [Internet] 2014;85(11):1537–48. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2014.130722>
  296. Hagiwara Y. Does platform switching really prevent crestal bone loss around

- implants? *Jpn Dent Sci Rev* [Internet] 2010;46(2):122–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdsr.2009.11.003>
297. Mangano FEA. Clinical Evaluation of 762 Single-Tooth, Locking-Taper Implants: A Prospective Study with 1- to 12-Years of Follow-Up. *J Dent Oral Care Med* [Internet] 2016;2(2):13–7. Available from: <http://www.annexpublishers.co/full-text/JDOC/2201/Clinical-Evaluation-of-762-Single-tooth-locking-taper-Implants.php>
  298. Mangano C, Mangano F, Shibli JA, Tettamanti L, Figliuzzi M, d'Avila S, et al. Prospective Evaluation of 2,549 Morse Taper Connection Implants: 1- to 6-Year Data. *J Periodontol* [Internet] 2011;82(1):52–61. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2010.100243>
  299. Telleman G, Raghoobar GM, Vissink A, Meijer HJA. Impact of platform switching on inter-proximal bone levels around short implants in the posterior region; 1-year results from a randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2012;39(7):688–97.
  300. Meleo D et al. Fixture-abutment connection surface and micro-gap measurements by 3D micro-tomographic technique analysis. *Ann Ist Super Sanità* 2012;48(1):53–8.
  301. Nazih I et al. The Effect of Implant Neck Design on the Crestal Bone Levels that Support the Tissue Around the Implant –Restoration. *Am J Biomed Life Sci* [Internet] 2015;3(4):75. Available from: <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=655&doi=10.11648/j.ajbls.20150304.12>
  302. Aslam A et al. Platform-Switching to Preserve Peri-Implant Bone : *J Coll Physicians Surg Pakistan* 2016;26(4):315–9.
  303. Nayak R et al. Crestal Bone Loss around Dental Implants : Platform Switching vs Platform Matching — A Retrospective Study. *J Contemp Dent Pract* 2018;19(5):574–8.
  304. Gallucci GO, Bernard J-P, Bertosa M, Belser UC. Immediate loading with fixed screw-retained provisional restorations in edentulous jaws: the pickup technique. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(4):524–33.
  305. Carr AB. Implant Location and Radiotherapy are the only Factors Linked to 2-Year Implant Failure. *J Evid Based Dent Pract* [Internet] 2010;10(1):49–51. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jebdp.2009.11.025>

306. Goiato MC et al. Photoelastic Stress Analysis in Prosthetic Implants of Different Diameters: Mini, Narrow, Standard or Wide. *J Clin Diagnostic Res* [Internet] 2014;8(9):86–90. Available from: [http://jcdr.net/article\\_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2014&volume=8&issue=9&page=ZC86&issn=0973-709x&id=4902](http://jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2014&volume=8&issue=9&page=ZC86&issn=0973-709x&id=4902)
307. Morton D, Jaffin R, Weber H-P, Dent M. Immediate Restoration and Loading of Dental Implants: Clinical Considerations and Protocols. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;10319(SUPPL):103–8.
308. Ding X, Liao SH, Zhu XH, Zhang XH, Zhang L. Effect of diameter and length on stress distribution of the alveolar crest around immediate loading implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009;11(4):279–87.
309. Cano J. Evaluation of 80 implants subjected to immediate loading in edentulous mandibles. *Med Oral , Patol Oral y Cirugía Bucal* 2006;2006(2):1–11.
310. Vidyasagar L, Apse P. Dental Implant Design and Biological Effects on Bone-Implant Interface. *Stomatol Balt Dent Maxillofac J* 2004;6:51–4.
311. Koodaryan R, Hafezeqoran A. Evaluation of Implant Collar Surfaces for Marginal Bone Loss: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int* 2016;2016(1):1–10.
312. Yeshwante B, Patil S, Baig N, Gaikwad S, Swami A, Doiphode M. Dental Implants-Classification, Success and Failure –An Overview. *IOSR J Dent Med Sci Ver II* [Internet] 2015;14(5):2279–861. Available from: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
313. Alghamdi H. Methods to Improve Osseointegration of Dental Implants in Low Quality (Type-IV) Bone: An Overview. *J Funct Biomater* [Internet] 2018;9(1):7. Available from: <http://www.mdpi.com/2079-4983/9/1/7>
314. Rodriguez F. Implantes con grabado ácido y pasivado químico : estudio preliminar sobre carga precoz. *Av Periodoncia* 2001;13(3):1–12.
315. Shibata Y, Tanimoto Y, Maruyama N, Nagakura M. A review of improved fixation methods for dental implants. Part II: Biomechanical integrity at bone-implant interface. *J Prosthodont Res* [Internet] 2015;59(2):84–95. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2015.01.003>
316. Mendonça G, Baccelli D, Mendonça S, Angélica M, Araújo R, Aragão FJL. Avaliação do comportamento de células mesenquimais humanas sobre superfícies de implantes dentários. *Rev Implant* 2009;6(2):137–41.
317. Novellino MM, Sesma N, Zanardi PR, Laganá DC. Resonance frequency analysis



- of dental implants placed at the posterior maxilla varying the surface treatment only: A randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2017;19(5):770–5.
318. Gelb D, McAllister B, Nummikoski P, Del Fabbro M. Clinical and radiographic evaluation of brånemark implants with an anodized surface following seven-to-eight years of functional loading. *Int J Dent* 2013;2013.
319. Turkyilmaz I SG. Rationale for dental implants Standard of Care. *Curr Concepts Dent Implantol* 2006;200(12):661–5.
320. Guruprasada M, Thapliyal GK, Pawar VR. A comparative analysis of periimplant bone levels of immediate and conventionally loaded implants. *Med J Armed Forces India* 2013;69(1):41–7.
321. Rodríguez Rius D, García Saban FJ. Physico-chemical characterization of the surface of 9 dental implants with 3 different surface treatments. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2005;10(1):58–65.
322. Olate S, Duque de Miranda Chaves Netto H de A-B, JR. Análisis microestructural de cinco sistemas de implantes de titanio comercialmente puro. *Av Periodoncia* 2010;22(1):37–43.
323. Lemos A, Kang K, Pereda D, Echarri J, Llorente C. Caracterización Superficial Y Transversal De Implantes Dentales De Titanio Blastinizados Y Anodizados Por Plasma Químico. *Lab Investig Metal Física*
324. Rivas C, Mota M. Bacterias anaerobias. *Temas Bacteriol Y Virol Médica* 2006;355–80.
325. Collins JR, García S, Geraldino MA. Colocación de implantes y provisionalización inmediata en el sector estético : manejo quirúrgico y rehabilitador . Reporte de un caso clínico. *Rev Clínica Periodoncia , Implantol y Rehabil Oral* 2014;7(2):93–100.
326. Gil FJ, Planell J. Aplicaciones biomédicas del titanio v sus aleaciones. *Biomecánica* [Internet] 1993;(1):34–42. Available from: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099/6814>
327. Rojo L, Gharibi B, McLister R, Meenan BJ, Deb S. Self-assembled monolayers of alendronate on Ti6Al4V alloy surfaces enhance osteogenesis in mesenchymal stem cells. *Sci Rep* [Internet] 2016;6(April):1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/srep30548>
328. Velasco Ortega E, Medel Soteras R, Linares Gancedo D, Monsalve Guil L,

- Velasco Ponferrada C. Los implantes de titanio con superficie grabada con ácidos: Un seguimiento clínico a 2 años. *Av en Periodoncia e Implantol Oral* 2004;16(3):179–86.
329. Coelho PG, Granjeiro J, Romanos GE, Suzuki M, Silva NRF, Cardaropoli G, et al. Basic research methods and current trends of dental implant surfaces. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater* 2009;88(2):579–96.
330. Watzak G, Zechner W, Busenlechner D, Arnhart C, Gruber R, Watzek G. Radiological and clinical follow-up of machined- and anodized-surface implants after mean functional loading for 33 months. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(6):651–7.
331. Jemt T, Karouni M, Abitbol J, Zouiten O, Antoun H. A retrospective study on 1592 consecutively performed operations in one private referral clinic. Part II: Peri-implantitis and implant failures. *Clin Implant Dent Relat Res* 2017;19(3):413–22.
332. Soffer EB. Cirugía Estética gingival: un aporte a la estética dental. *Actas Odontológicas* [Internet] 2016;9(1):26–32. Available from: <http://revistas.ucu.edu.uy/index.php/actasodontologicas/article/view/976>
333. 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.
334. Sanz I et al. Clinical efficacy of immediate implant loading protocols compared to conventional loading depending on the type of the restoration: a systematic review. *Clin Oral Impl Res* 2015;26:964–982.
335. Weber H, Dent M, Morton D, Gallucci MSGO, Dent M, Rocuzzo M, et al. Group 3 Consensus Statements Consensus Statements and Recommended Clinical Procedures Regarding Loading Protocols. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:180–4.
336. Cordaro L, Torsello F, Rocuzzo M. Implant Loading Protocols for the Partially Edentulous Posterior Mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:158–68.
337. Abdou Elysyad M et al. Marginal bone loss adjacent to conventional and immediate loaded two implants supporting a ball-retained mandibular overdenture : a 3-year randomized clinical trial. *Clin Oral Impl Res* 2012;23:496–503.
338. Levine R et al. Complications with excess cement & dental implants : Diagnosis , recommendations & treatment of 7 clinical cases . *Implant Realities* 2014;1:51–9.

339. Tatullo M, Marrelli M, Mastrangelo F, Gherlone E. Bone Inflammation, Bone Infection and Dental Implants Failure: Histological and Cytological Aspects Related to Cement Excess. *J Bone Jt Infect* [Internet] 2017;2(2):84–9. Available from: <http://www.jbji.net/v02p0084.htm>
340. Kadkhodazadeh M, Amid R, Kermani ME, Mirakhori M, Hosseinpour S. Timing of soft tissue management around dental implants: A suggested protocol. *Gen Dent* 2017;65(3):50–6.
341. Doan N, Du Z, Crawford R, Reher P, Xiao Y. Is flapless implant surgery a viable option in posterior maxilla? A review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012;41(9):1064–71.
342. Martínez-González JM, Barona-Dorado C, Cano-Sánchez J, Flórez-Rodríguez M, Cantero-Alvarez M. Clinical and radiographic behaviour of 290 dental implants with a surface treated with hydrofluoric acid and passivated with hydrofluoric and nitric acid: early loading results after 2 years. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2004;10(4):355–61.
343. Lorenzoni M, Pertl C ZK. Immediate loading of single-tooth implants in the anterior maxilla. Preliminary results after one year. *Clin Oral Implant Res* 2003;14:180–7.
344. Urquizó GL. Carga inmediata estética. La predecibilidad del éxito. *Actas Odontológicas* 2016;5(1):46–51.
345. Umapathy T, Anila B, Ashwini C, Jayam C. Overview of surgical guides for implant therapy. *J Dent Implant* [Internet] 2015;5(1):48. Available from: <http://www.jdionline.org/text.asp?2015/5/1/48/154438>
346. Sarment DP, Misch CE. Diagnostic Casts and Surgical Guides. *Dent Implant Prosthetics* :142–56.
347. Mohamed AN. Flapless implant placement with an internal sinus lift using dynamic guided navigation. *implants* 2017;1:1–3.
348. Ng FC, Ho KH, Wexler A. Computer-assisted navigational surgery enhances safety in dental implantology. *Ann Acad Med Singapore* 2005;34(5):383–8.
349. Bashutski J. Dynamic Surgical Guidance to Facilitate Dental Implant Placement: A Case Report. *Oral Heal* [Internet] 2016;(August):1–6. Available from: <http://www.oralhealthgroup.com/features/dynamic-surgical-guidance-facilitate-dental-implant-placement-case-report/>

350. Rolf Ewers, Kurt Schicho, Michael Truppe, Rudolf Seemann, Astrid Reichwein, Michael Figl AW. Computer-Aided Navigation in Dental Implantology : 7 Years of Clinical Experience. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:329–34.
351. Wanschitz F, Birkfellner W, Figl M, Patruta S, Wagner A, Watzinger F, et al. Computer-enhanced stereoscopic vision in a head-mounted display for oral implant surgery. *Clin Oral Implants Res* 2002;13(6):610–6.
352. Edinger D. Accuracy of image-guided implantology. *Clin Oral Impl Res* 2005;16:495–501.
353. Rossi R, Morales RS, Frascaria M, Benzi R, Squadrito N. Planning implants in the esthetic zone using a new implant 3D navigation system. *Eur J Esthet Dent* [Internet] 2010;5(2):172–88. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20589261>
354. Van Steenberghe D, Glauser R, Blombäck U, Andersson M, Schutyser F, Pettersson A, et al. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: a prospective multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res* [Internet] 2005;7 Suppl 1:S111-20. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16137096>
355. Horwitz J, Zuabi O, MacHtei EE. Accuracy of a computerized tomography-guided template-assisted implant placement system: An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(10):1156–62.
356. Ganeles J, Jung RE, Schneider D, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CHF, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry : A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(JANUARY):92–109.
357. Arisan V, Karabuda ZC, Özdemir T. Accuracy of Two Stereolithographic Guide Systems for Computer-Aided Implant Placement: A Computed Tomography-Based Clinical Comparative Study. *J Periodontol* [Internet] 2010;81(1):43–51. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2009.090348>
358. 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.
359. Abad-Gallegos M, Gómez-Santos L, Sánchez-Garcés MA, Piñera-Penalva M,

- Freixes-Gil J, Castro-García A, et al. Complications of guided surgery and immediate loading in oral implantology: A report of 12 cases. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011;16(2):220–4.
360. Behneke A, Burwinkel M, Knierim K, Behneke N. Accuracy assessment of cone beam computed tomography-derived laboratory-based surgical templates on partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(2):137–43.
361. Giordano M, Ausiello P, Martorelli M. Accuracy evaluation of surgical guides in implant dentistry by non-contact reverse engineering techniques. *Dent Mater* 2012;28(9):e178-85.
362. Turbush SK, Turkyilmaz I. Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: An in vitro study. *J Prosthet Dent [Internet]* 2012;108(3):181–8. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60145-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60145-0)
363. 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.
364. Novellino MM, Sesma N, Laganá DC, Ferrari G. Linear and angular deviations of implants placed in experimental casts with stereolithographic drill guides fixed by o’ring ortho implant devices. *Braz Dent J* 2013;24(4):391–6.
365. Vasak C, Strbac GD, Huber CD, Lettner S, Gahleitner A, Zechner W. Evaluation of three different validation procedures regarding the accuracy of template-guided implant placement: An in vitro study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17(1):142–9.
366. Zhenyan Lin, Yongbo Gao, Xifeng Wu, Liming Yang, Bin Ye YZ. Application of CAD/CAM dental implant surgical templates in immediate implant surgery in esthetic area : A case report. *Trade Sci Inc* 2013;8(6):861–5.
367. Beretta M, Poli PP, Maiorana C. Accuracy of computer-aided template-guided oral implant placement: A prospective clinical study. *J Periodontal Implant Sci* 2014;44(4):184–93.
368. Yatzkair G, Cheng A, Brodie S, Raviv E, Boyan BD, Schwartz Z. Accuracy of computer-guided implantation in a human cadaver model. *Clin Oral Implants Res* 2015;26(10):1143–9.
369. Voulgarakis A, Strub JR, Att W. Outcomes of implants placed with three different

- flapless surgical procedures: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet] 2014;43(4):476–86. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2013.10.024>
370. Noharet R, Pettersson A, Bourgeois D. Accuracy of implant placement in the posterior maxilla as related to 2 types of surgical guides: A pilot study in the human cadaver. *J Prosthet Dent* [Internet] 2014;112(3):526–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.013>
371. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet] 2014;29(Supplement):25–42. Available from: [http://www.quintpub.com/journals/omi/abstract.php?iss2\\_id=1220&article\\_id=14267&article=3&title=Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review#.VACbDkuRNZg](http://www.quintpub.com/journals/omi/abstract.php?iss2_id=1220&article_id=14267&article=3&title=Computer%20Technology%20Applications%20in%20Surgical%20Implant%20Dentistry%20-%20A%20Systematic%20Review#.VACbDkuRNZg)
372. Vercruyssen M, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M. Depth and lateral deviations in guided implant surgery: an RCT comparing guided surgery with mental navigation or the use of a pilot-drill template. *Clin Oral Implants Res* 2015;26(11):1315–20.
373. Sun Y, Luebbbers H-T, Agbaje JO, Kong L, Schepers S, Daems L, et al. Accuracy of a Dedicated Bone-Supported Surgical Template for Dental Implant Placement with Direct Visual Control. *J Healthc Eng* [Internet] 2015;6(4):779–90. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/jhe/2015/314536/>
374. Moraschini V, Velloso G, Luz D, Porto Barboza E. 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* [Internet] 2015;44(7):892–901. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2015.02.013>
375. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JYK, Schutyser F, Boumans T. Accuracy of computer-guided surgery: A comparison of operator experience. *J Prosthet Dent* [Internet] 2015;114(3):407–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.04.004>
376. 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* [Internet] 2015;114(3):315–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.03.021>
377. Albiero A, Benato R, Benato A, Degidi M. Use of Intraoral Welding to Increase the Predictability of Immediately Loaded Computer-Guided Implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* [Internet] 2017;37(4):591–8. Available from: [http://quintpub.com/journals/prd/abstract.php?iss2\\_id=1457&article\\_id=17447](http://quintpub.com/journals/prd/abstract.php?iss2_id=1457&article_id=17447)
378. Zhou W, Liu Z, Song L, Kuo C ling, Shafer DM. Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery—A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract* [Internet] 2018;18(1):28–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2017.07.007>
379. Alves Marliere DA et al. Accuracy of computer-guided surgery for dental implant placement in fully edentulous patients: A systematic review. *Eur J Dent* 2018;12(1):153–60.
380. Seo C, Juodzbaly G. Accuracy of Guided Surgery via Stereolithographic Mucosa-Supported Surgical Guide in Implant Surgery for Edentulous Patient: a Systematic Review. *J oral Maxillofac Res* 2018;9(1):e1.
381. Charette JR, Goldberg J, Harris BT, Morton D, Llop DR, Lin WS. Cone beam computed tomography imaging as a primary diagnostic tool for computer-guided surgery and CAD-CAM interim removable and fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent* [Internet] 2016;116(2):157–65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.02.004>
382. Albiero AM. Computer-assisted surgery and intraoral welding technique for immediate implant-supported rehabilitation of the edentulous maxilla: case report and technical description Alberto. *Int J Med Robot* 2016;12:453–60.
383. Whitley D, Eidson RS, Rudek I, Bencharit S. In-office fabrication of dental implant surgical guides using desktop stereolithographic printing and implant treatment planning software: A clinical report. *J Prosthet Dent* [Internet] 2017;118(3):256–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.10.017>
384. Harris BT, Montero D, Grant GT, Morton D, Llop DR, Lin WS. Creation of a 3-dimensional virtual dental patient for computer-guided surgery and CAD-CAM interim complete removable and fixed dental prostheses: A clinical report. *J Prosthet Dent* [Internet] 2017;117(2):197–204. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.06.012>

385. Coachman C, Calamita MA, Coachman FG, Coachman RG, Sesma N. Facially generated and cephalometric guided 3D digital design for complete mouth implant rehabilitation: A clinical report. *J Prosthet Dent* [Internet] 2017;117(5):577–86. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.005>
386. Hämmerle CHF, Cordaro L, van Assche N, Benic GI, Bornstein M, Gamper F, et al. Digital technologies to support planning, treatment, and fabrication processes and outcome assessments in implant dentistry. Summary and consensus statements. The 4th EAO consensus conference 2015. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:97–101.
387. Scherer MD. Are radiographic guide necessary? *ParkellToday* 2014;(January):1–6.
388. Lee J-H, Park J-M, Kim S-M, Kim M-J, Lee J-H, Kim M-J. An assessment of template-guided implant surgery in terms of accuracy and related factors. *J Adv Prosthodont* [Internet] 2013;5(4):440–7. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3865200&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
389. Reyes A, Turkyilmaz I, Prihoda TJ. Accuracy of surgical guides made from conventional and a combination of digital scanning and rapid prototyping techniques. *J Prosthet Dent* [Internet] 2015;113(4):295–303. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.09.018>
390. Lee D-H, An S-Y, Hong M-H, Jeon K-B, Lee K-B. Accuracy of a direct drill-guiding system with minimal tolerance of surgical instruments used for implant surgery: a prospective clinical study. *J Adv Prosthodont* [Internet] 2016;8(3):207. Available from: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.4047/jap.2016.8.3.207>
391. Naziri E, Schramm A, Wilde F. Accuracy of computer-assisted implant placement with insertion templates. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW* [Internet] 2016;5:Doc15. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27274440> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4889312>
392. Filius MAP, Kraeima J, Vissink A, Janssen KI, Raghoobar GM, Visser A. Three-dimensional computer-guided implant placement in oligodontia. *Int J Implant Dent* [Internet] 2017;3(1):30. Available from:



- <http://journalimplantdent.springeropen.com/articles/10.1186/s40729-017-0090-6>
393. Cristache CM, Gurbanescu S. Accuracy Evaluation of a Stereolithographic Surgical Template for Dental Implant Insertion Using 3D Superimposition Protocol. *Int J Dent* 2017;2017.
  394. Hassan B, Gimenez Gonzalez B, Tahmaseb A, Greven M, Wismeijer D. A digital approach integrating facial scanning in a CAD-CAM workflow for complete-mouth implant-supported rehabilitation of patients with edentulism: A pilot clinical study. *J Prosthet Dent* [Internet] 2017;117(4):486–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.07.033>
  395. Parashis A, Diamantopoulos P. Computer-guided implant placement. *Analecta Periodontol* 2008;11–28.
  396. Talpos S, Hajaj T, Timofte C, Rivis M, Streian F, Popa M, et al. Implant Surgery Using Bio-compatible Guides. *Mater Plast* 2018;55(1):38–41.
  397. Mihai ID, Mihai R, Vartolomei C, Comaneanu RM, Coman S, Ghergic DL. Study About the Precision of Surgical Guides Used in Implantology. *Rev Chim* 2018;69(3):660–4.
  398. Sánchez Garcés MA E-FJ, Gay-Escoda C. Implant Complications. *Implant Dent* 2011;9(17):1–37.
  399. Kim S. Clinical Complications of Dental Implants. *Implant Dent* [Internet] 2011;467–90. Available from: <http://www.intechopen.com/books/implant-dentistry-a-rapidly-evolving-practice/clinical-complications-of-dental-implants>
  400. 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(2):298–304.
  401. Juodzbaly G, Kubilius M. Clinical and Radiological Classification of the Jawbone Anatomy in Endosseous Dental Implant Treatment. *J Oral Maxillofac Res* [Internet] 2013;4(2):1–17. Available from: <http://www.ejomr.org/JOMR/archives/2013/2/e2/v4n2e2ht.htm>
  402. Lee S, Gantes B, Riggs M, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 3. Bone quality evaluation during osteotomy and implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22(2):208–12.
  403. Osmar P. Variantes de Posición del Nervio Dentario Inferior – Ápice de las molares mediante estudio tomográfico Cone Beam en pacientes atendidos en el

- Instituto Nacional de Salud del Niño, 2012 – 2014. *Fac Odontol Lima* 2015;1–67.
404. Roca L, Félez G., Berini A. GEC. Identificación Anatómica Del Conducto Dentario Inferior Respecto Al Tercer Molar Inferior. *An Odontostomatol* 1995;2(2):44–8.
  405. López-Videla Montaña J, Vergara Miranda M, Rudolph Rojas M, Guzmán Zuluaga CL. Prevalencia de variables anatómicas en el recorrido de los conductos mandibulares: Estudio mediante tecnología Cone Beam. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia* 2010;22(1):23–32.
  406. Torres GO. Análisis de la posición y trayectoria del conducto alveolar inferior en tomografía volumétrica computarizada cone beam. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia* 2010;22(1):12–22.
  407. McDonnell D, Reza Nouri M, Todd ME. The mandibular lingual foramen: a consistent arterial foramen in the middle of the mandible. *J Anat* [Internet] 1994;184(2):363–9. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1259996&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
  408. Bhadouria P et al. Detection of lingual vascular canal by cone-beam computed tomography. *J Dent Implant* 2018;8(1):20–4.
  409. Bernardi S, Rastelli C, Leuter C, Gatto R, Continenza MA. Anterior Mandibular Lingual Foramina: An In Vivo Investigation. *Anat Res Int* [Internet] 2014;2014:1–6. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/ari/2014/906348/>
  410. Indrajeet, Kusum C, Mody P, Nooji D, Rao S, Wankhade B. Interforaminal hemorrhage during anterior mandibular implant placement: An overview. *Dent Res J (Isfahan)* [Internet] 2015;12(4):291. Available from: <http://www.drjjournal.net/text.asp?2015/12/4/291/161422>
  411. Liang X, Jacobs R, Lambrichts I, Vandewalle G. Lingual foramina on the mandibular midline revisited: A macroanatomical study. *Clin Anat* 2007;20(3):246–51.
  412. Denny CE, Natarajan S, Ahmed J, Binnal A. Anatomic Variation in Lingual Foramen: A Cone beam Computed Tomography Study. *World J Dent* [Internet] 2016;7(4):179–81. Available from: <http://www.jaypeejournals.com/eJournals/ShowText.aspx?ID=10061&Type=FREE&TYP=TOP&IN=~//eJournals/images/JPLOGO.gif&IID=769&isPDF=YES>

413. Tirumala Ravali C. Prevalance of mandibular incisive canal in CBCT : A retrospective study. *Int J Appl Dent Sci* 2017;3(4):238–40.
414. Beltrán V, Cantín M, Fuentes Fernández R, Engelke W. Presencia Bilateral del Canal Incisivo de la Mandíbula: Una Estructura Anatómica con Relevancia Clínica. *Int J Morphol* 2011;29(2):543–9.
415. Miller RJ, Edwards WC, Boudet C, Cohen JH. Maxillofacial Anatomy: The Mandibular Symphysis. *J Oral Implantol* [Internet] 2011;37(6):745–53. Available from: <http://www.joionline.org/doi/abs/10.1563/AAID-JOI-D-10-00136>
416. Rocha F, De Oliveira GR, Olate S, de Alergaria-Barbosa JR. Consideraciones clínicas en la obtención de injertos óseos intraorales: Técnica quirúrgica y evaluación de las complicaciones. *Av en Periodoncia e Implantol Oral* [Internet] 2010;22(2):71–6. Available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/peri/v22n2/original1.pdf>
417. Roa Ignacio AO. Variaciones del Canal Mandibular con Importancia Clínica . *Int J Morphol* 2015;33(3):971–4.
418. Schiegnitz E, Moergel M, Wagner W. Case Report Vital Life-Threatening Hematoma after Implant Insertion in the Anterior Mandible : A Case Report and Review of the Literature. 2015;2015:10–3.
419. Insertion SI. 30 false bibliographical inserts as text sources. 2015;XIV(4):663–72.
420. Lagraña R et al. Forámenes Accesorios del hueso mandibular humano. *Comun Científicas* 2006;M(31).
421. Coulthard P, Kushnerev E, Yates JM, Walsh T, Patel N, Bailey E, et al. Interventions for iatrogenic inferior alveolar and lingual nerve injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;2014(4).
422. Alessandri E, Daniel D. Arteria lingual , consideraciones anatómicas. *Rev la Soc Venez Ciencias Morfológicas* 2009;15.
423. Ali S, Gupta J. Cone beam computed tomography in oral implants. *Natl J Maxillofac Surg* [Internet] 2013;4(1):2. Available from: <http://www.njms.in/text.asp?2013/4/1/2/117811>
424. Anguita-Sánchez I et al. Hemorragia crítica de suelo de boca tras colocación de implante dental: Estudio de un caso. *Rev Port Otorrinolaringol e Cir Cérvico Facial* 2012;50(1):89–91.
425. Greenstein G, Cavallaro J, Tarnow D. Practical Application of Anatomy for the

- Dental Implant Surgeon. *J Periodontol* [Internet] 2008;79(10):1833–46. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2008.080086>
426. kim S-G. Clinical Complications of Dental Implants. *Implant Dent* 2011;1:468–90.
427. Renton T. Prevention of Iatrogenic Inferior Alveolar Nerve Injuries in Relation to Dental Procedures. *Dent Update* [Internet] 2010;37(6):350–63. Available from: <http://www.magonlinelibrary.com/doi/10.12968/denu.2010.37.6.350>
428. Beltrán Silva JA, Abanto Silva LE, Meneses López A. Disposición del conducto dentario inferior en el cuerpo mandibular. Estudio anatómico y tomográfico. *Acta odontológica Venez* [Internet] 2007;45(1):421–5. Available from: [http://www.upch.edu.pe/faest/publica/2009/vol19\\_n1/vol19\\_n1\\_09\\_art4.pdf](http://www.upch.edu.pe/faest/publica/2009/vol19_n1/vol19_n1_09_art4.pdf)
429. Hegedus F, Diecidue RJ. Trigeminal Nerve Injuries After Mandibular Implant Placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:111–6.
430. Condori Cruz R et al. Importancia del bucle del nervio mentoniano en la rehabilitación con implantes de la zona del foramen mental. *Rev Estomatol Hered* 2018;28(2):135–7.
431. Rizzo S, Lupi SM, Zampetti P, Surgery O, Sciences O. Nerve damage resulting from oral surgery and medical legal implications. 2009;3(1):86–94.
432. Lin CS, Wu SY, Huang HY, Lai YL. Systematic review and meta-analysis on incidence of altered sensation of mandibular implant surgery. *PLoS One* 2016;11(4):1–19.
433. Juodzbalys G, Wang H-L, Sabalys G, Sidlauskas A, Galindo-Moreno P. Inferior alveolar nerve injury associated with implant surgery. *Clin Oral Implants Res* [Internet] 2013;24(2):183–90. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0501.2011.02314.x>
434. Rábago Galindo F. Referencias y consideraciones anatómicas en implantología. *Científica Dent* [Internet] 2005;2(2):81–8. Available from: <http://www.coem.org.es/sites/default/files/revista/cientifica/vol2-n2/Rabago.pdf>
435. Aoun G, Nasseh A, Sokhn S, Rifai M. Lingual foramina and canals of the mandible: anatomic variations in a Lebanese Population. *J Clin Imaging Sci* 2017;7(12):1–10.
436. Sunohara M, Miwa Y, Sato I. A morphological study of the foramina of the mandible in the Japanese macaque by cone-beam computed tomography. *Okajimas*

- Folia Anat Jpn [Internet] 2017;93(4):153–8. Available from: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/ofaj/93/4/93\\_153/\\_article%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28637999](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ofaj/93/4/93_153/_article%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28637999)
437. Yamid O, Jiménez R, Andrés Ó, Cañón C, Ortiz YP. Consideraciones Anatómicas del Conducto Alveolar Inferior. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2009;21(1):86–97.
  438. Delgadillo-Ávila J et al. Parámetros de los reparos anatómicos del agujero del nervio mentoniano para cirugía oral. *Odontol Sanmarquina* 2015;18(1):28–32.
  439. Eren H, Orhan K, Bagis N, Nalcaci R, Misirli M, Hincal E. Cone beam computed tomography evaluation of mandibular canal anterior loop morphology and volume in a group of Turkish patients. *Biotechnol Biotechnol Equip* [Internet] 2016;30(2):346–53. Available from: <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1127181>
  440. Kumar A. Anatomical variations of lingual foramen and it' s bony canals with cone beam computerised tomography in south indian population – a cross sectional study. *Oral Heal Care* [Internet] 2017;2(3):1–6. Available from: <http://www.oatext.com/pdf/OHC-2-124.pdf>
  441. Kim DH, Kim MY, Kim C-H. Distribution of the lingual foramina in mandibular cortical bone in Koreans. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* [Internet] 2013;39(6):263. Available from: <https://synapse.koreamed.org/DOIX.php?id=10.5125/jkaoms.2013.39.6.263>
  442. Yildirim YD, Güncü GN, Galindo-Moreno P, Velasco-Torres M, Juodzbalys G, Kubilius M, et al. Evaluation of mandibular lingual foramina related to dental implant treatment with computerized tomography: A multicenter clinical study. *Implant Dent* 2014;23(1):57–63.
  443. Fernández R, Carbajal E, Reyes F. Parálisis facial periférica tardía. *Rev Odontológica Mex* [Internet] 2009;13(4):234–7. Available from: <http://www.medigraphic.com/pdfs/odon/uo-2009/uo094g.pdf>
  444. Delgado S, Orta B, Garcia G. Complicaciones locales de los anestésicos utilizados en odontología . 2008;5:11–20.
  445. Keetley A, Moles DR. Local analgesia and primary dental care. A Clinical Audit into the Success Rate of Inferior Alveolar Nerve Block Analgesia in General Dental Practice. *Prim Dent CARE* 2001;8(4):139–42.
  446. Manotas Arevalo I, Pertuz Cala V, Suarez Escorcía L. Torus palatino , torus

- mandibular y exostosis maxilares. *Rev Sanid Milit Mex* 2005;2:115–23.
447. Jung RE, Fenner N, Hämmerle CHF, Zitzmann NU. Long-term outcome of implants placed with guided bone regeneration (GBR) using resorbable and non-resorbable membranes after 12-14 years. *Clin Oral Implants Res* 2013;24(10):1065–73.
448. Al-Nakib LH. Computed tomography bone density in Hounsfield units at dental implant receiving sites in different regions of the jaw bone. *J Baghdad Coll Dent* [Internet] 2014;26(1):92–7. Available from: <http://jcodental-uobaghdad.edu.org/index.php/jbcd/article/view/303>
449. Kupeyan HK, Shaffner M, Armstrong J. Definitive CAD/CAM-guided prosthesis for immediate loading of bone-grafted maxilla: A case report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006;8(3):161–7.
450. Hultin M, Svensson KG, Trulsson M. Clinical advantages of computer-guided implant placement: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(SUPPL.6):124–35.
451. Krekmanov L, Kahn M, Rangert B, Lindström H. Tilting of posterior mandibular and maxillary implants for improved prosthesis support. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15(3):405–14.
452. Van Staden RC, Li X, Guan H, Johnson NW, Reher P, Loo YC. A finite element study of short dental implants in the posterior maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2014;29(2):e147-54.
453. Atieh M a, Zadeh H, Stanford CM, Cooper LF. Survival of short dental implants for treatment of posterior partial edentulism: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:1323–31.
454. Misch CE, Steigenga J, Barboza E, Misch-Dietsh F, Cianciola LJ, Kazor C. Short Dental Implants in Posterior Partial Edentulism: A Multicenter Retrospective 6-Year Case Series Study. *J Periodontol* [Internet] 2006;77(8):1340–7. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2006.050402>
455. Misch CE, Misch-Dietsh F, Silc J, Barboza E, Cianciola LJ, Kazor C. Posterior Implant Single-Tooth Replacement and Status of Adjacent Teeth During a 10-Year Period: A Retrospective Report. *J Periodontol* [Internet] 2008;79(12):2378–82. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2008.080188>
456. Van Assche N, Michels S, Quirynen M, Naert I. Extra short dental implants

- supporting an overdenture in the edentulous maxilla: A proof of concept. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(5):567–76.
457. Monje, Alberto, Hsun-Liang Chan, Jia-Hui Fu, Suarez, Fernando, Galindo-Moreno P, Wang and H-L. Short Dental Implants. *J Periodont* [Internet] 2013; Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Alberto\\_Monje/publication/230728454\\_Are\\_Short\\_Dental\\_Implants\\_10mm\\_Effective\\_A\\_Meta-Analysis\\_on\\_Pro prospective\\_Clinical\\_Trials/links/0046352968d364b401000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alberto_Monje/publication/230728454_Are_Short_Dental_Implants_10mm_Effective_A_Meta-Analysis_on_Pro prospective_Clinical_Trials/links/0046352968d364b401000000.pdf)
458. Anitua E, Orive G. Short Implants in Maxillae and Mandibles: A Retrospective Study With 1 to 8 Years of Follow-Up. *J Periodontol* [Internet] 2010;81(6):819–26. Available from: <http://www.joonline.org/doi/10.1902/jop.2010.090637>
459. Mezzomo LA, Miller R, Triches D, Alonso F, Shinkai RSA. Meta-analysis of single crowns supported by short (<10 mm) implants in the posterior region. *J Clin Periodontol* 2014;41(2):191–213.
460. Piero P, Lorenzo C, Daniele R, Rita G, Luca P, Giorgio P. Survival of short dental implants  $\leq 7$  mm : A review. *Int J Contemp Dent Med Rev* 2015;11(15):1–5.
461. Guan H, van Staden R, Loo Y-C, Johnson N, Ivanovski S, Meredith N. Influence of bone and dental implant parameters on stress distribution in the mandible: a finite element study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(5):866–76.
462. Fugazzotto P a. Shorter implants in clinical practice: rationale and treatment results. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet] 2008;23(3):487–96. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18700373>
463. Rodrigo D, Cabello G, Herrero M, Gonzalez D, Herrero F, Aracil L, et al. Retrospective Multicenter Study of 230 6-mm SLA-Surfaced Implants with 1- to 6-Year Follow-Up. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet] 2013;28(5):1331–7. Available from: [http://www.quintpub.com/journals/omi/abstract.php?article\\_id=13589](http://www.quintpub.com/journals/omi/abstract.php?article_id=13589)
464. Gonçalves TMSV, Bortolini S, Martinolli M, Alfenas BFM, Peruzzo DC, Natali A, et al. Long-term short implants performance: Systematic review and meta - Analysis of the essential assessment parameters. *Braz Dent J* 2015;26(4):325–36.
465. Boujoual I, Abdallah M, Pr AA. Influence du rapport couronne / implant sur la résorption osseuse autour des implants courts Introduction : Résultats : *Fac Med Dent Casablanca* 2016;17(1):23656303.

466. Lai HC, Si MS, Zhuang LF, Shen H, Liu YL, Wismeijer D. Long-term outcomes of short dental implants supporting single crowns in posterior region: A clinical retrospective study of 5-10 years. *Clin Oral Implants Res* 2013;24(2):230–7.
467. Marengo H, Ibañez JC. Supervivencia de implantes cortos  $\leq$  8 mm de superficie arenada y grabada con ácido. *Claves Odontol* 2014;73:49–66.
468. Gonzales Lagunas J. Alternativas a la elevación de seno maxilar : implantes cortos. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac* [Internet] 2008;30(6):403–11. Available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/maxi/v30n6/controversia1.pdf>
469. Tawil G, Younan R. Clinical evaluation of short, machined-surface implants followed for 12 to 92 months. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18(6):894–901.
470. Lekholm U, Zarb GA AT. Patient selection and preparation. *Tissue integrated prostheses*. Chicago Quintessence Publ Co Inc 1985;(Quintessence Publishing Co. Inc., 1985;199-209. FUNC):199–209.
471. Misch CE, Suzuki JB, Misch-Dietsh FM, Bidez MW. A positive correlation between occlusal trauma and peri-implant bone loss: Literature support. *Implant Dent* 2005;14(2):108–16.
472. Maló P, de Araújo Nobre M, Rangert B, Nobre MDA, Rangert B, de Araújo Nobre M, et al. Short implants placed one-stage in maxillae and mandibles: a retrospective clinical study with 1 to 9 years of follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* [Internet] 2007;9(1):15–21. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17362493>
473. Sanz M, Naert I. Biomechanics/risk management (Working Group 2). *Clin Oral Implants Res* 2009;20(SUPPL. 4):107–11.
474. Sun HL, Huang C, Wu YR, Shi B. Failure rates of short ( $\leq$  10 mm) dental implants and factors influencing their failure: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet] 2011;26(4):816–25. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21841992>
475. Togashi AY, Castaman SA, Piccolotto AY, Alvaro E. Marginal Bone Loss around Morse Taper Connection Implants in Osseointegration Period. *J Biomed Sci* 2016;5(3):1–6.
476. Ewers R. Ultra-short implants versus augmentation and bone transplants. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet] 2017;46(February):17. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0901502717301224>



477. Mazine D, Oliveira RVD. Implantes curtos: A Inovação em busca do sucesso. *Rev Uningá* 2017;29:142–7.
478. Naconecy MM, Geremia T, Cervieri A, Teixeira ER, Shinkai RS. Effect of the number of abutments on biomechanics of Branemark prosthesis with straight and tilted distal implants. *J Appl Oral Sci* 2010;18(2):178–85.
479. Kan JYK et cols. Computer-Guided Implant Treatment with All-on-Four Immediate-Function Concept. *Contemp Esthet* 2007;(December).
480. Krekmanov L. Placement of posterior mandibular and maxillary implants in patients with severe bone deficiency: a clinical report of procedure. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15(5):722–30.
481. Sugiura T, Yamamoto K, Horita S, Murakami K, Tsutsumi S, Kirita T. Effects of implant tilting and the loading direction on the displacement and micromotion of immediately loaded implants: An in vitro experiment and finite element analysis. *J Periodontal Implant Sci* 2017;47(4):251–62.
482. Maló P. Rehabilitación total fija implantosoportada en un paciente con ablación del maxilar , *Ciencia y práctica. Maxillaris* 2010;sept:84–96.
483. K Harshakumar, Nimisha B Abraham, S Lylajam VP. Rehabilitation of a Patient with Completely Edentulous Maxillary Arch using “ All on 4 ” Concept of Implantation. *Int J Prosthodont Restor Dent* 2017;7(2):66–70.
484. Soto-Peñaloza D, Zaragoza-Alonso R, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. The all-on-four treatment concept: Systematic review. *J Clin Exp Dent* 2017;9(3):e474-488.
485. Maló P, De Araújo Nobre M, Lopes A, Francischone C, Rigolizzo M. “All-on-4” Immediate-Function Concept for Completely Edentulous Maxillae: A Clinical Report on the Medium (3 Years) and Long-Term (5 Years) Outcomes. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14(SUPPL. 1).
486. Cidade CPV, Pimentel MJ, Amaral RC do, Nóbilo MA de A, Barbosa JR de A. Photoelastic analysis of all-on-four concept using different implants angulations for maxilla. *Braz Oral Res [Internet]* 2014;28(1):1–7. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-83242014000100259&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242014000100259&lng=en&tlng=en)
487. Baniwal D. Malo’s Bridge An “ All -on- 4 ”/ Diem -2 Immediate Function Concept. *IOSR J Dent Med Sci* 2017;16(9):67–75.

488. Antal MÁ, Csák C, Simon-fiala D, Braunitzer G. Rehabilitation with all-on-four and all-on-six using a variable thread profile implant system : short-term success and associated bone loss. 2016;2(1):197–201.
489. Miguel-Figuero J De, Fernández-Jordán Celorio J. Modificación de la técnica all-on-4: prótesis fija inmediata implantosoportada sin la intervención del laboratorio de prótesis: caso clínico. Rcoe [Internet] 2006;11(2):233–8. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1138-123X2006000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2006000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
490. Gurha A, Verma V, Rana AS, Gupta D. Case Report All on four - an alternative to ridge augmentation procedure in atrophied maxillary ridge. *Int J Periodontol Implantol* 2016;1(September):69–71.
491. Oyama K, Kan JYK, Kleinman AS, Runcharassaeng K, Lozada JL, Goodacre CJ, et al. Falta de ajuste en una implantosoportada tras cirugía guiada por ordenador. *Periodoncia y Osteointegración* 2009;19(2):99–104.
492. Cidade CP, Olate S, Pozzer L, Pimentel MJ, Nóbilo M, Albergaria-Barbosa JR. Stress Analysis in Maxillary All-On-Four Model. *Int J Odontostomatol* [Internet] 2015;9(2):205–11. Available from: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-381X2015000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2015000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
493. Horita S, Sugiura T, Yamamoto K, Murakami K, Imai Y, Kirita T. Biomechanical analysis of immediately loaded implants according to the “All-on-Four” concept. *J Prosthodont Res* 2017;61(2):123–32.
494. Balshi TJ. A Retrospective Comparison of Implants in the Pterygomaxillary Region. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2013;28:184–9.
495. Romero JB, Peña F. Sesiones de cirugía oral Implantes pterigoideos para rehabilitación maxilar fija. *Maxillaris* 2007;julio:104–10.
496. Haskel A. Alternativa Al Aumento Del Seno Maxilar . 2008;5–13.
497. Queiroz TP, Margonar R , Luvizuto ER, Marcantonio E, Betoni Jr. W, Gardin F, de Matheus DM M DO. Cirurgia guiada virtual para reabilitação mandibular com implantes imediatos e carga imediata. *Rev Gutierre Odontolife* 2012;54:34–6.
498. Gonzalez E, Pedemonte C, Vargas I, Lazo D, Pérez H, Canales M. Implantes dentales en pacientes adultos postrauma dentoalveolar. Estudio descriptivo. *Cirugía Oral y Maxilofac* 2014;7(2):65–70.

499. Marchack CB, Charles A, Matosian AJ. A subtractive radiographic template for computer-guided surgery. *J Prosthet Dent* [Internet] 2014;112(4):1006–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.05.019>
500. Lanis A, Padiá-Molina M, Gamil R, Del Canto OA. Computer-guided implant surgery and immediate loading with a modifiable radiographic template in a patient with partial edentulism: A clinical report. *J Prosthet Dent* [Internet] 2015;114(3):328–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.03.012>
501. Chu SJ, Tarnow DP, Tan JHP, Stappert CFJ. Papilla proportions in the maxillary anterior dentition. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2009;29(4):385–93.
502. Delgado Pichel A, Inarejos Montesinos P, Herrero Climent M. Espacio biológico: Parte I: La inserción diente-encía. *Av en Periodoncia e Implantol Oral* 2001;13(13):1–8.
503. Palacci P, Nowzari H. Soft tissue enhancement around dental implants. *Periodontol 2000* 2008;47(1):113–32.
504. Rocuzzo M, Rocuzzo A, Ramanuskaite A. Papilla height in relation to the distance between bone crest and interproximal contact point at single-tooth implants: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2018;29(December 2017):50–61.
505. Donado Azcárate A, Peris García-Patron RaM L-Q, Martínez J SG-LJ. Influencia de los tejidos blandos periimplantarios sobre la función de anclaje de la fijación ( valoración en implantes Branemark a los 3 y 5 años ). *Av Odontostomatol* 2001;13(2):83–92.
506. Makigusa K. Histologic comparison of biologic width around teeth versus implant: The effect on bone preservation. *J Implant Reconstr Dent* [Internet] 2009;12(6):20–4. Available from: [http://www.moderndentistrymedia.com/nov\\_dec2010/makigusa.pdf](http://www.moderndentistrymedia.com/nov_dec2010/makigusa.pdf)
507. Lister Blondet CR, Antonio M, Palacios A, De Revisión A. Fenotipos periodontales. *Rev Estomatol Hered* 2010;20(4):227–30.
508. Navarrete M, Godoy I, Melo P, Nally J. Correlación entre biotipo gingival, ancho y grosor de encía adherida en zona estética del maxilar superior. *Rev Clínica Periodoncia, Implantol y Rehab Oral* [Internet] 2015;8(3):192–7. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0718539115000713>

509. Linkevicius T, Apse P. Biologic width around implants. An evidence-based review. *Stomatologija* 2008;10(1):27–35.
510. Sicilia A, Botticelli D, Cordaro L, De Bruyn H, Derks J, Hultin M, et al. Computer-guided implant therapy and soft- and hard-tissue aspects. The Third EAO Consensus Conference 2012. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(SUPPL.6):157–61.
511. Ladwein C, Schmelzeisen R, Nelson K, Fluegge TV, Fretwurst T. Is the presence of keratinized mucosa associated with periimplant tissue health? A clinical cross-sectional analysis. *Int J Implant Dent* [Internet] 2015;1(1):11. Available from: <http://www.journalimplantdent.com/content/1/1/11>
512. Sahayata V. Zone of Keratinized Tissue Around Implants Really Matters ?? *J Dent Oral Heal* 2017;3(4):112–3.
513. Martinez Alvarez O et al. Manejo de tejidos blandos en implantología oral : predictibilidad y contribución a la estética. *Gaceta* 2011;Diciembre:68–92.
514. Linkevicius T, Puisys A, Linkeviciene L, Peciuliene V, Schlee M. Crestal Bone Stability around Implants with Horizontally Matching Connection after Soft Tissue Thickening: A Prospective Clinical Trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17(3):497–508.
515. Blanco J, Pico A, Caneiro L, Nóvoa L, Batalla P, Martín-Lancharro P. Effect of abutment height on interproximal implant bone level in the early healing: A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2018;29(1):108–17.
516. Vervaeke S, Dierens M, Besseler J, De Bruyn H. The influence of initial soft tissue thickness on peri-implant bone remodeling. *Clin Implant Dent Relat Res* 2014;16(2):238–47.
517. Linkevicius T, Puisys A, Steigmann M, Vindasiute E, Linkeviciene L. Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17(6):1228–36.
518. Esfahrood ZR, Kadkhodazadeh M, Gholamin P, Amid R, Passanezi E, Zadeh HH. Biologic Width Around Dental Implants: An Updated Review. *J Dent Mater Tech* 2016;5(2):68–81.
519. Baig N, Kadam P, Yeshwante B, Mhaske M, Jadhav V. Effect of Platform switching on peri-implant tissues: A review. *IOSR J Dent Med Sci Ver I* [Internet] 2015;14(5):2279–861. Available from: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)

520. Danza M, Zollino I, Avantiaggiato A, Lucchese A, Carinci F. Distance between implants has a potential impact of crestal bone resorption. *Saudi Dent J* [Internet] 2011;23(3):129–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2011.02.002>
521. Pedroza JE, Escalante NL, González S, Pinilla DA, Vilorio MA. Ancho de encía queratinizada en pacientes tratados con dos sistemas de implantes. *J Odontológico Col* 2013;6(12):22–30.
522. Singh P, Goswami M, Garge H, Parmar V, Viswambaran M. Evaluation of implant stability and crestal bone loss around the implant prior to prosthetic loading: A six month study. *J Indian Prosthodont Soc* [Internet] 2006;6(1):33. Available from: <http://www.jprosthodont.com/text.asp?2006/6/1/33/25880>
523. Heinemann F, Bourauel C, Hasan I, Gedrange T. Influence of the implant cervical topography on the crestal bone resorption and immediate implant survival. *J Physiol Pharmacol* 2009;60 Suppl 8(6):99–105.
524. Kang Y Il, Lee DW, Park KH, Moon IS. Effect of thread size on the implant neck area: Preliminary results at 1 year of function. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(10):1147–51.
525. Bratu EA, Tandlich M, Shapira L. A rough surface implant neck with microthreads reduces the amount of marginal bone loss: A prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(8):827–32.
526. Quirynen M, Van Der Mei HC, Bollen CML, Schotte A, Marechal M, Doornbusch GI, et al. An in vivo Study of the Influence of the Surface Roughness of Implants on the Microbiology of Supra- and Subgingival Plaque. *J Dent Res* [Internet] 1993;72(9):1304–9. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/00220345930720090801>
527. Gehrke SA, da Silva Neto UT. Evaluation of the Surface Treatment on Bone Healing in a Transmucosal 1-mm Area of Implant Abutment: An Experimental Study in the Rabbit Tibia. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016;18(3):489–97.
528. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Implants in the Canine Mandible. *J Periodontol* 2000;71(9):1412–24.
529. Friberg B, Jemt T, Lekholm U. Early failures in 4,641 consecutively placed Brånemark dental implants: a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet] 1991;6(2):142–6.

Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1809668>

530. Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM, Griffin TJ, Rand WM. Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *Int J Oral Maxillofac Implant* 2006;21(2):290–7.
531. Seriwatanachai D. Reference and Techniques used in Alveolar Bone Classification. *JBR J Interdiscip Med Dent Sci* [Internet] 2015;3(2). Available from: <https://www.omicsonline.com/open-access/reference-and-techniques-used-in-alveolar-bone-classification-2376-032X-1000172.php?aid=45021>
532. David OT, Leretter M, Neagu A. The quality of trabecular bone assessed using cone-beam computed tomography. *Rom J Biophys* 2014;24(4):227–41.
533. Todisco M, Trisi P. Bone mineral density and bone histomorphometry are statistically related. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet] 2005;20(6):898–904. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16392347>
534. Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Cattina G, Tullio A. Implant treatment software planning and guided flapless surgery with immediate provisional prosthesis delivery in the fully edentulous maxilla. A retrospective analysis of 15 consecutively treated patients. *Eur J Oral Implantol* 2010;3(3):245–51.
535. Dellán A., Villaroel M. HA. Application of Hounsfield Units in Computed Tomography As a Diagnostic Tool for Intra-Osseous Lesions of the Maxillo-Mandibular Complex: Diagnostic Clinical Study. *Rev Odontol Univ Cid São Paulo* 2015;27(2):100–10.
536. Margonar R, Queiroz TP, Marcantonio E, De Almeida EO. A CAD/CAM flapless surgical technique and immediate prosthesis: A clinical report. *J Osseointegration* 2011;3(2):35–9.
537. Vohra F, Al-Kheraif AA, Almas K, Javed F. Comparison of Crestal Bone Loss Around Dental Implants Placed in Healed Sites Using Flapped and Flapless Techniques: A Systematic Review. *J Periodontol* [Internet] 2015;86(2):185–91. Available from: <http://www.joponline.org/doi/10.1902/jop.2014.140355>
538. Gehrke SA, Bettach R, Taschieri S, Boukhris G, Corbella S, Del Fabbro M. Temperature Changes in Cortical Bone after Implant Site Preparation Using a Single Bur versus Multiple Drilling Steps: An In Vitro Investigation. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17(4):700–7.
539. Pandey RK, Panda SS. Modelling and optimization of temperature in orthopaedic

- drilling: An in vitro study. *Acta Bioeng Biomech* 2014;16(1):107–16.
540. Bogovič V, Svete A, Bajsić I. Effects of a drill diameter on the temperature rise in a bone during implant site preparation under clinical conditions. *Proc Inst Mech Eng Part H J Eng Med* 2016;230(10):907–17.
  541. Feldmann A, Wili P, Maquer G, Zysset P. The thermal conductivity of cortical and cancellous bone. *Eur Cells Mater* 2018;35:25–33.
  542. Augustin G, Davila S, Mihoci K, Udiljak T, Vedrina DS, Antabak A. Thermal osteonecrosis and bone drilling parameters revisited. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008;128(1):71–7.
  543. Hou Y, Li C, Ma H, Zhang Y, Yang M, Zhang X. An Experimental Research on Bone Drilling Temperature in Orthopaedic Surgery. *Open Mater Sci J* 2015;9:178–88.
  544. Lughmani WA et al. Drilling in cortical bone : a finite element model and experimental investigations. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;42:32–42.
  545. Karaca F, Aksakal B. Effects of various drilling parameters on bone during implantology: An in vitro experimental study. *Acta Bioeng Biomech* 2013;15(4):25–32.
  546. Jo K-H, Yoon K-H, Park K-S, Bae J-H, You K-H, Han J-H, et al. Thermally induced bone necrosis during implant surgery: 3 case reports. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2011;37(5):406.
  547. Quirynen M. Hablamos de Periodoncia con el Dr. Marc Quirynen. *Perio-Expertise* :1–9.
  548. Nair RN. Implant Surgical Guides, are they useful? *Prosthet Implant Dent* 2018;1(2):107–15.
  549. Van De Velde T, Glor F, De Bruyn H. A model study on flapless implant placement by clinicians with a different experience level in implant surgery. *Clin Oral Implants Res* 2008;19(1):66–72.
  550. Balshi TJ, Wolfinger FGJ, Ii JJT, Bowers DDSJR, Balshi SF, Cam CAD. Case of the Month No Bone Solution™ Computer Guided Implant Surgery Protocol for Prosthodontic Rehabilitation of the Severely Atrophic Maxilla. *J Implant Adv Clin Dent* 2009;1(2):11–7.
  551. Ferrara ED, Stella JP. Restoration of the edentulous maxilla: The case for the zygomatic implants. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62(11):1418–22.

552. Kahnberg KE, Nilsson P, Rasmusson L. Le Fort I osteotomy with interpositional bone grafts and implants for rehabilitation of the severely resorbed maxilla: a 2-stage procedure. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14(4):571–8.
553. Becerra Santos G, Ramón Morales ÓM. Revista de la Facultad de Odontología Universidad de Antioquia. *Rev Fac Odontol Univ Antioquia* [Internet] 2009;20(2):191–204. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-246X2009000100010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2009000100010)
554. Natalí Y, Gallardo R, Saravia AD. Diferentes sistemas de pilares protésicos sobre implantes. *Rev Estomatol Hered* 2011;21(7):159–65.
555. Yamada K, Hoshina H, Arashiyama T, Arasawa M, Arai Y, Uoshima K, et al. Immediate implant loading following computer-guided surgery. *J Prosthodont Res* [Internet] 2011;55(4):262–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpor.2010.11.002>
556. Puterman I, Kan JYK, Rungcharassaeng K, Oyama K, Morimoto T, Lozada J. Biological Adaptation to Misfits of Immediately Loaded Fixed Prosthesis Following Computer-Guided Surgery. *J Prosthodont* 2012;21(3):185–90.
557. Mandelaris GA, Rosenfeld AL, King SD, Nevins ML. Computer-guided implant dentistry for precise implant placement: combining specialized stereolithographically generated drilling guides and surgical implant instrumentation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010;30(3):275–81.
558. Kan JYK, Rungcharassaeng K, Oyama K, Chung S-H, Lozada JL. Computer-guided immediate provisionalization of anterior multiple adjacent implants: surgical and prosthodontic rationale. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006;18(10):617–23.
559. Arunyanak SP, Harris BT, Grant GT, Morton D, Lin WS. Digital approach to planning computer-guided surgery and immediate provisionalization in a partially edentulous patient. *J Prosthet Dent* [Internet] 2016;116(1):8–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.11.023>
560. Stapleton BM, Lin WS, Ntounis A, Harris BT, Morton D. Application of digital diagnostic impression, virtual planning, and computer-guided implant surgery for a CAD/CAM-fabricated, implant-supported fixed dental prosthesis: A clinical report. *J Prosthet Dent* [Internet] 2014;112(3):402–8. Available from:



<http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.03.019>

561. Malara P, Dobrzański LB. Computer-aided design and manufacturing of dental surgical guides based on cone beam computed tomography. *Arch Mater Sci Eng* 2015;76(2):140–9.
562. Ji T-J, Kan JYK, Rungcharassaeng K, Roe P, Lozada JL. Immediate Loading of Maxillary and Mandibular Implant-Supported Fixed Complete Dentures: A 1- to 10-Year Retrospective Study. *J Oral Implantol* [Internet] 2012;38(S1):469–77. Available from: <http://www.joionline.org/doi/abs/10.1563/AAID-JOI-D-11-00027>
563. Escurra DM, Razzeto AB, Zamudio EV. Rehabilitación del paciente edéntulo con la técnica all on four mediante prótesis implanto-soportada: Reporte de caso. Reporte de Caso / Case report. *Ene-Mar* 2014;2424(11):36–41.
564. Balshi, Thomas J GJW. Immediate Placement and Implant Loading for Expedited Patient Care: A Patient Report. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 2002;17:587–92.
565. Ganeles J, Rosenberg MM, Holt RL, Reichman LH. Immediate loading of implants with fixed restorations in the completely edentulous mandible: report of 27 patients from a private practice. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16(3):418–26.
566. Koskievic J. Immediate Loading in the Complete Edentulous Maxilla - A clinical case. *Mis News* 23 2010;(23).
567. Barndt P, Zhang H, Liu F. Immediate loading: From biology to biomechanics. Report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the American Academy of Fixed Prosthodontics. *J Prosthet Dent* 2015;113(2):96–107.
568. Gapski R, Wang H, Lang NP. Critical review of immediate implant loading. *Clin Oral Impl Res* 2003;14:515–27.
569. De Vicente Rodriguez J. Carga diferida en implantología Delayed loading in implantology. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac* 2005;5:271–86.
570. Rathi N, Scherer MD, Mcglumphy E. Stabilization of a Computer-Aided Implant Surgical Guide Using Existing Dental Implants with Conversion of an Overdenture to a Fixed Prosthesis. *J Prosthodont* 2014;23(8):634–8.
571. Misch CE. Prosthodontic options in implant dentistry. *Int J Oral Implant* 1991;7(2):17–21.
572. Misch CE, Misch CE. Generic root form component terminology. *Dent Implant Prosthetics* 2014;2:32–52.

573. Avrampou M, Mericske-Stern R, Blatz MB, Katsoulis J. Virtual implant planning in the edentulous maxilla: Criteria for decision making of prosthesis design. *Clin Oral Implants Res* 2013;24(A100):152–9.
574. Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2008;19(2):119–30.
575. Coelho Goiato M, Pesqueira A, Falcón-Antenucci R, Dos Santos D, Haddad M, Bannwart L, et al. Stress distribution in implant-supported prosthesis with external and internal implant-abutment connections. *Acta Odontol Scand* 2013;71(2):283–8.
576. Goiato MC, Sarauza Arsufi G, De Medeiros RA, Pesqueira AA, Guiotti AM, Dos Santos DM. Stress distribution in bone simulation model with pre-Angled implants. *J Med Eng Technol* 2015;39(6):322–7.
577. Melej C, Gallardo S, González L, Tirreau V, Ilic D. Planificación Quirúrgica Digital como Alternativa en Situaciones Anatómicas Complejas. Presentación de Tres Casos Clínicos. *Rev Clínica Periodoncia, Implantol y Rehabil Oral* 2008;1(3):94–100.
578. Nickenig HJ, Eitner S. Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates. *J Cranio-Maxillofacial Surg* 2007;35(4–5):207–11.
579. Born Passoni B, Suárez Rodríguez JD, Vieira L, De Souza Magini R MBC. Comparación clínica y tomográfica de implantes dentarios instalados de forma convencional y virtualmente guiados: un estudio piloto. *Rev del Ilus Cons Gen Colegios Odontólogos y Estomatólogos E* 2015;20(4):245–53.
580. Meloni SM, De Riu G, Lolli FM, Pisano M, Deledda A, Frisardi G, et al. Computer-guided implant surgery: A critical review of treatment concepts. *J Oral Maxillofac Surgery, Med Pathol [Internet]* 2014;26(1):1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajoms.2013.05.003>
581. De Mattias Sartori I et al. Los avances en la planificación de prótesis. *Dent Trib* 2007;20–1.
582. Youk S-Y, Lee J-H, Park J-M, Heo S-J, Roh H-K, Park E-J, et al. A survey of the satisfaction of patients who have undergone implant surgery with and without employing a computer-guided implant surgical template. *J Adv Prosthodont*

- [Internet] 2014;6(5):395. Available from:  
<https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.4047/jap.2014.6.5.395>
583. Niswade G, Mishra M, Gattani D, Bhutada G. Dental Science Guided implant surgery- a boon for Dentistry ! *Dent Sci* 2017;(3):4–6.
  584. De Riu G, Meloni SM, Pisano M, Massarelli O, Tullio A. Computed tomography-guided implant surgery for dental rehabilitation in mandible reconstructed with a fibular free flap: Description of the technique. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2012;50(1):30–5.
  585. Khatchkevich AN, Mesalles Subirá AJ. Consumer loyalty and its influence on demand for services and goods (on the example of dental services and goods of the preliminary choice). *Top Issues Mod Econ* 2018;4(May).
  586. Ciabattoni G, Acocella A, Sacco R. Immediately restored full arch-fixed prosthesis on implants placed in both healed and fresh extraction sockets after computer-planned flapless guided surgery. A 3-year follow-up study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2017;19(6):997–1008.
  587. Meloni SM, De Riu G, Pisano M, Dell’Aversana Orabona G, Piombino P, Salzano G, et al. Computer-assisted implant surgery and immediate loading in edentulous ridges with dental fresh extraction sockets. Two years results of a prospective case series study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2013;17(21):2968–73.
  588. Pozzi A, Moy PK. Minimally invasive transcresal guided sinus lift (TGSL): A clinical prospective proof-of-concept cohort study up to 52 months. *Clin Implant Dent Relat Res* 2014;16(4):582–93.
  589. Spinelli D, De Vico G, Condò R, Ottria L, Arcuri C. Transcresal guided sinus lift without grafting materials: A 36 months clinical prospective study. *ORAL Implantol* 2015;8(2–3):74–86.
  590. Shiha AY, Khalil AF, Eldibany RM. Evaluation of stereolithographic surgical guide in indirect sinus lifting for implant placement. *Alexandria Dent J* 2017;42:98–103.
  591. Schnitman PA, Lee SJ, Campard GJ, Dona M. Guided Flapless Surgery With Immediate Loading for the High Narrow Ridge Without Grafting. *J Oral Implantol* [Internet] 2012;38(3):279–88. Available from:  
<http://www.joionline.org/doi/abs/10.1563/AAID-JOI-D-11-00215>
  592. Jéssica Lemos Gulinelli et al. Accuracy of computer-guided surgery. *Rev Clínica*

- Periodoncia, Implantol y Rehabil Oral [Internet] 2014;9(2):91–4. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Marco\\_Flores3/publication/273906370\\_Registro\\_interoclusal\\_digital\\_en\\_rehabilitacion\\_oral\\_Sistema\\_T-ScanR\\_III\\_Revision\\_bibliografica/links/55c76ed508aeb9756746d418.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marco_Flores3/publication/273906370_Registro_interoclusal_digital_en_rehabilitacion_oral_Sistema_T-ScanR_III_Revision_bibliografica/links/55c76ed508aeb9756746d418.pdf)
593. Block MS, Emery RW. Static or Dynamic Navigation for Implant Placement - Choosing the Method of Guidance. *J Oral Maxillofac Surg* 2016;74(2):269–77.
  594. Wittwer G, Adeyemo WL, Schicho K, Birkfellner W, Enislidis G. Prospective randomized clinical comparison of 2 dental implant navigation systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet] 2007;22(5):785–90. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17974114>
  595. Orentlicher G, Abboud M. Guided surgery for implant therapy. *Dent Clin North Am* 2011;55(4):715–44.
  596. Dawood A, Tanner S, Hutchison I. Computer Guided Surgery for Implant Placement and Dental Rehabilitation in a Patient Undergoing Sub-Total Mandibulectomy and Microvascular Free Flap Reconstruction. *J Oral Implantol* [Internet] 2013;39(4):497–502. Available from: <http://www.joionline.org/doi/10.1563/AAID-JOI-D-11-00142>
  597. Pinheiro Torres J. Guided Surgery with a soft tissue graft. *eao* 2017;6–11.
  598. Duarte LR, Filho HN, Francischone CE, Peredo LG, Brånemark PI. The establishment of a protocol for the total rehabilitation of atrophic maxillae employing four zygomatic fixtures in an immediate loading system - A 30-month clinical and radiographic follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007;9(4):186–96.
  599. Alzoubi F, Bedrossian E, Wong A. Oral rehabilitation of patients with Chediak-Higashi syndrome using zygoma and root form implant-supported fixed prostheses: A report of two patients. *J Prosthet Dent* 2016;116(6):831–5.
  600. O’Connell, John Edward; Cotter, Edward; Kearns GJ. Maxillary reconstruction using zygomatic implants: a report of two cases. *J Ir Dent Assoc* 2011;57(July):146–55.
  601. Wallace SS, Froum SJ. Effect of Maxillary Sinus Augmentation on the Survival of Endosseous Dental Implants. A Systematic Review. *Ann Periodontol* 2003;8(1):328–43.
  602. Bedrossian E, Rangert B, Stumpel L, Indresano T. Immediate function with the

- zygomatic implant: a graftless solution for the patient with mild to advanced atrophy of the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;21(6):937–42.
603. Vrielinck L, Politis C, Schepers S, Pauwels M, Naert I. Image-based planning and clinical validation of zygoma and pterygoid implant placement in patients with severe bone atrophy using customized drill guides. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2003;32(1):7–14.
604. Contreras Molina I, Contreras Molina G, Bez L, de Souza Magini R, Maziero Volpato CÁ. Cirugía guiada en implantología. *Rev Odontológica Mex* [Internet] 2013;17(2):117–22. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1870199X13720263>
605. Macedo JP, Pereira J, Vahey BR, Henriques B, Benfatti CAM, Magini RS, et al. Morse taper dental implants and platform switching: The new paradigm in oral implantology. *Eur J Dent* 2016;10(1):148–54.
606. 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.
607. Vlahović Z, Mikić M. 3D Printing Guide Implant Placement: A Case Report. *Balk J Dent Med* 2017;21:3–6.
608. Flügge T, Derksen W, te Poel J, Hassan B, Nelson K, Wismeijer D. Registration of cone beam computed tomography data and intraoral surface scans – A prerequisite for guided implant surgery with CAD/CAM drilling guides. *Clin Oral Implants Res* 2017;28(9):1113–8.
609. Valkova V, Ubaidha Maheen C, Pommer B, Rausch-Fan X, Seeman R. Hot Topics in Clinical Oral Implants Research: Recent Trends in Literature Coverage. *Dent J* [Internet] 2016;4(2):13. Available from: <http://www.mdpi.com/2304-6767/4/2/13>
610. Bragança, L. K., Mourelo, J. P., Prada, F. D., Castro, J. L., & Anache, A. (2017). Rehabilitación fija maxilar con implantes mediante cirugía guiada asistida por ordenador. *Avances En Odontoestomatología*, 33(5), 197–203. Retrieved from [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-12852017000500003&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852017000500003&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
611. Burgueño, M., & Somoza, J. (2015). La cirugía guiada y muchas dudas por resolver. *DM El Dentista Moderno*, 2(1a), 25–26.
612. Deeb, G. R., Allen, R. K., Hall, V. P., Whitley, D., Laskin, D. M., & Bencharit, S.

- (2017). How Accurate Are Implant Surgical Guides Produced With Desktop Stereolithographic 3-Dimensional Printers? *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(12), 2559.e1-2559.e8. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2017.08.001>
613. Diederich, H. (2018). Minimal Invasive Modality for Full Rehabilitation of Edentulous Mandible with One-Piece Implants in Elderly Patients: A Case Report. *Advances in Dentistry & Oral Health*, 8(3). <https://doi.org/10.19080/adoh.2018.08.555737>
614. Ganz, S. D. (2011). Cone beam computed tomography-assisted treatment planning concepts. *Dental Clinics of North America*, 55(3), 515–536. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.02.019>
615. García, V. F., Elvira, M. R., & Magallón, C. A. (2008). Evolución de los sistemas guiados por la imagen en la cirugía de implantes. *Gaceta Dental: Industria y Profesiones*, (194), 154–167. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2670088>
616. Mangano, F., & Veronesi, G. (2018). Digital versus analog procedures for the prosthetic restoration of single implants: A randomized controlled trial with 1 year of follow-up. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5325032>
617. Mesalles Subirá, A. J., López del Moral, J., & Notario, A. G. (2018). *Cirugía mínimamente invasiva de implantes dentales guiada por ordenador*. *Medicentro Electrónica*. 23(2), 105–115.
618. Tallarico, M., Martinolli, M., Kim, Y. J., Cocchi, F., Meloni, S. M., Alushi, A., & Xhanari, E. (2019). Accuracy of computer-assisted template-based implant placement using two different surgical templates designed with or without metallic sleeves: A randomized controlled trial. *Dentistry Journal*, 7(2), 1–11. <https://doi.org/10.3390/dj7020041>
619. Vicente, L. C. de. (2009). Cirugía guiada: ¿por qué “no entra” la prótesis .... *Gaceta Dental*, 2(1), 190–198.