

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

***MÁSTER DE ODONTOLOGÍA MÉDICO-QUIRURGICA E
INTEGRAL.***



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Revisión sobre las aplicaciones y efectividad de la cirugía
guiada de implantes.**

**Review of the applications and effectiveness of guided implant
surgery.**

José Ángel Arazola Graña

Tutor: José Vicente Ríos Santos

Cotutora: Blanca Ríos Carrasco

Sevilla, 2020



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DR. José Vicente Ríos Santos PROFESOR Titular ADSCRITO AL DEPARTAMENTO DE Estomatología COMO DIRECTOR/A DEL TRABAJO FIN DE **MÁSTER OFICIAL EN ODONTOLOGÍA MÉDICO-QUIRÚRGICA E INTEGRAL** Y DRA. Blanca Ríos Carrasco PROFESOR/A Asociada sustituta interina ADSCRITA AL DEPARTAMENTO DE Estomatología COMO COTUTOR/A DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER.

CERTIFICAN: QUE EL PRESENTE TRABAJO TITULADO: " Revisión sobre las aplicaciones y efectividad de la cirugía guiada de implantes" HA SIDO REALIZADO POR José Ángel Arazola Graña BAJO NUESTRA DIRECCIÓN Y CUMPLE A NUESTRO JUICIO, TODOS LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA SER PRESENTADO Y DEFENDIDO COMO TRABAJO DE FIN DE MÁSTER.

Y PARA QUE ASI CONSTE Y A LOS EFECTOS OPORTUNOS, FIRMAMOS EL PRESENTE CERTIFICADO, EN SEVILLA A DÍA 25 DE Mayo de 2020

D/D^a - DR RÍOS

TUTOR

D^a DRA RÍOS

COTUTORA



Facultad de Odontología



D/Dña. (Apellidos y Nombre)

... José Ángel Arazola Graña

con DNI... 49084464A alumno/a del Máster Oficial

... Odontología Médico-Quirúrgica e Integral.

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

... Revisión sobre las aplicaciones y efectividad de la cirugía guiada de implantes.

... Review of the applications and effectiveness of guided implant surgery.

DECLARO:

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

APERCIBIMIENTO:

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

Sevilla... 25 de ... Mayo de 20 20 ..

(Firma del interesado)

Fdo.: José Ángel Arazola Graña

A mis padres y mi hermana, que me han apoyado mucho en éste año tan sacrificado. A mi pareja, que ha estado siempre a mi lado haciéndolo más fácil. A mis compañeros, con los que he disfrutado de un atípico curso. A todos los que me animaron a realizar éste máster. Y por supuesto a mis tutores que, en todo momento, han estado dispuestos a guiarme con mi TFM.

A todos ellos, muchas gracias.

RESÚMEN:

Actualmente, la implantología se ha convertido en un tratamiento con una alta demanda en las clínicas dentales. Además, con el avance de la tecnología, las nuevas técnicas de imagen y la fabricación de prótesis asistida por ordenador, la implantología ha evolucionado mucho en los últimos años. De ésta manera ha surgido la implantología guiada asistida por ordenador, con la que se puede planificar la colocación de implantes de manera virtual.

El objetivo de la presente revisión bibliográfica es analizar la efectividad y aplicaciones de la técnica, así como sus ventajas e inconvenientes.

La técnica de implantología guiada proporciona un postoperatorio con menos molestias para el paciente, además, las mejoras que ha experimentado en los últimos años, han conseguido un alto grado de precisión. No obstante, sigue presentando errores derivados de la planificación y la propia técnica quirúrgica, por lo que habrá que respetar un margen de seguridad.

ABSTRACT:

Nowadays, implantology has become a treatment with a high demand in dental clinics. In addition, with the advance of technology, new imaging techniques and computer-assisted prosthetic manufacturing, implantology has evolved a lot in recent years. This has led to the emergence of computer-guided implantology, with which implant placement can be planned virtually.

The objective of this literature review is to analyze the effectiveness and applications of the technique, as well as its advantages and disadvantages.

The guided implantology technique provides a postoperative period with less discomfort for the patient, and the improvements it has experienced in recent years have achieved a high degree of precision. Nevertheless, it still presents errors derived from the planning and the surgical technique itself, so a margin of safety must be respected.

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. DIAGNÓSTICO.	1
1.1.1. Tomografía computarizada de haz cónico.	2
1.1.2. Programas informáticos para planificación.	3
1.2. FÉRULAS QUIRÚRGICAS.	4
1.2.1. Férula radiológica.	4
1.2.2. Férula quirúrgica.	5
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIAL Y MÉTODO	8
4. RESULTADOS	10
5. DISCUSIÓN	17
6. CONCLUSIONES	23
7. BIBLIOGRAFÍA	24

1. INTRODUCCIÓN:

En la actualidad, el tratamiento con implantes dentales representa una opción terapéutica muy exitosa en la práctica odontológica¹. La implantología se mantiene cada vez más como un tratamiento rehabilitador, que permite recuperar la integridad de las estructuras bucales, además de recuperar la función del sistema estomatognático, así como la estética y la fonética. Con el paso del tiempo se han propuesto múltiples opciones para mejorar el rendimiento de los implantes, como modificar la forma del implante, o llevar a cabo el tratamiento de su superficie para mejorar los niveles de osteointegración². En la actualidad, se pretende mejorar los procedimientos clínicos mediante técnicas menos invasivas, de mayor precisión o cirugías de menor duración³. La implantología guiada surge con la necesidad de mejorar los procedimientos quirúrgicos, así como pulir la precisión en la colocación de los implantes y la exigencia de obtener unos resultados óptimos, tanto estéticos como biológicos⁴.

1.1. DIAGNÓSTICO:

En el tratamiento con implantes, es de vital importancia el diagnóstico radiológico, como pueden ser las radiografías intraorales, las radiografías panorámicas u ortopantomografías (OPG), la tomografía computarizada (TC) o la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC). Las radiografías intraorales, la periapicales, proporcionan gran resolución para valorar los detalles de la zona de hueso marginal, pero permite valorar un área muy limitada⁵. Por su parte, la OPG ofrece una visión amplia de los dos maxilares, en la que se pueden observar y valorar las estructuras anatómicas (senos maxilares, cavidad nasal, nervio dentario inferior, agujeros mentonianos), o cuerpos como dientes incluidos, restos radiculares, quistes o lesiones óseas. Sin embargo, distorsiona y magnifica la realidad entre 20-30%, y no aporta información volumétrica, es decir, su información se limita a dos dimensiones^{5,6}. El TC es otra técnica digital que aporta gran precisión, y que además, proporciona imágenes en 3D de la anatomía del paciente por la reconstrucción de múltiples cortes axiales. El TC presenta imágenes de gran resolución con una gran precisión, y además tiene una magnificación y distorsión mínimas^{5,7}. Uno de los aspectos negativos más importantes del TC es la gran cantidad de radiación que emite al paciente⁷. Pese a ello, proporciona

unas imágenes de gran valor diagnóstico, al aportar una valoración muy precisa del volumen de las estructuras óseas. Pero aquí nos encontramos con otra limitación del TC, y es que la información que proporciona no se puede utilizar de forma dinámica por parte del odontólogo⁸.

Como se ha visto, todos los métodos radiográficos pueden, en distinta medida, aportar beneficios en cuanto al diagnóstico y a la planificación de los implantes, sin embargo, la TC, la OPG o las radiografías intraorales, no consiguen ofrecer una información completa de la anatomía del paciente en tres dimensiones (3D), o como es el caso de la TC, no permite que esa información en 3D pueda ser utilizada de forma dinámica mediante un software⁹.

1.1.1. Tomografía computarizada de haz cónico:

La aparición de la TCHC revoluciona el diagnóstico y tratamiento de la implantología, ya que abre la puerta a la posibilidad de interactuar con las imágenes del paciente^{7,10}. Éste tipo de tomografía proporciona una clara visualización de los huesos maxilofaciales y la dentición, y permite la relación de estas estructuras anatómicas en 3D^{7,11}. Permite observar estructuras anatómicas de gran importancia en la planificación implantológica, como septos intrasinales, vasos sanguíneos de la pared del seno o en la sínfisis mandibular, y por supuesto, el canal del nervio dentario inferior¹⁰. Además de valorar la anatomía del paciente, permite la medición de los rebordes alveolares residuales, tanto el alto como el ancho, ya que permite generar una multitud de cortes tomográficos en múltiples planos de la región anatómica de interés¹². Las dosis de radiación emitidas por los equipos de TCHC no son tan elevadas como las de TC, sin embargo, si son superiores a las de la radiografía convencional¹³. Es importante recordar que cada vez que se somete a un paciente a un examen radiográfico, se le está exponiendo a un riesgo potencial, por lo que siempre habrá que valorar si el potencial beneficio supera al potencial riesgo¹⁴.

La TCHC permite que, en combinación con un software de planificación de implantes, se pueda llevar a cabo una planificación virtual del caso a tratar, ayudando a valorar la posición óptima de los implantes con respecto a la anatomía del paciente, así como la planificación de la futura prótesis¹⁵.

En definitiva, la TCHC aplicada a la odontología, y en concreto a la implantología, aporta una gran información diagnóstica, ya que puede orientar al odontólogo en la toma de decisiones respecto a número, tamaño y localización de los implantes, así como las características de la rehabilitación protésica que necesite el paciente¹⁶.

1.1.2. Programas informáticos para planificación:

Estos programas informáticos permiten planificar virtualmente la cirugía de implantes, así como diseñar la férula quirúrgica mediante las imágenes adquiridas con la TCHC¹. De manera que el odontólogo puede estudiar el protocolo quirúrgico más factible para el paciente, según su diagnóstico individualizado, valorando las ventajas e inconvenientes antes de llevar a cabo el acto quirúrgico, ya que puede analizar y manipular los modelos virtuales maxilar y mandibular^{7,10,11}.

En la actualidad se dispone de gran variedad de software para el tratamiento de las imágenes aportadas por la TCHC.

Para comenzar la planificación de los implantes es necesario transferir las imágenes de la TCHC al software que se vaya a utilizar. Dichas imágenes están en un formato denominado DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine)^{7,11}. Antes, se llevan a cabo dos TCHC, una del paciente con la férula puesta y otra sólo de la férula. De esta manera se obtendrá un archivo DICOM del paciente, y otro de la férula radiológica independiente¹⁷.

El software es capaz de importar, exportar o transformar las imágenes de la TCHC en archivos DICOM. De esta manera se podrá llevar a cabo la manipulación y análisis de los cortes tomográficos del paciente, y por lo tanto, se podrá llevar a cabo la elaboración del plan de tratamiento¹⁸.

La transmisión del plan de tratamiento al paciente se lleva a cabo mediante la férula quirúrgica, que llevara incorporados los parámetros establecidos para colocar los implantes en la posición y angulación más pertinente⁴.

1.2. FÉRULAS:

1.2.1. Férula radiológica:

El primer paso, antes de confeccionar una férula radiológica, es realizar un encerado diagnóstico del paciente. Para ello, con los modelos debidamente montados en el articulador, se debe hacer un correcto examen clínico y radiológico, que guíe las pautas para realizar dicho encerado. El modelo encerado se duplica en escayola, y se elabora la férula radiológica. Del mismo modo, también se puede utilizar la prótesis completa del paciente, duplicándola como si se tratara del encerado diagnóstico y elaborando la férula a su semejanza¹⁹.

La férula radiológica, por lo general, está confeccionada con resina transparente y lleva colocados unos marcadores radio-opacos que suelen situarse a través de las caras oclusales de los dientes²⁰. (Figura 1)



Figura 1. Férula radiológica¹⁹.

Ésta férula debe representar la imagen real de lo que será la futura prótesis, para que de éste modo, se pueda planificar virtualmente la mejor posición de los implantes, y conseguir la emergencia favorable para la rehabilitación protésica^{21,22}.

Una vez realizada la férula, se procede a realizar el escáner tanto del paciente con la férula, como de la férula sola, y se procesan las imágenes en formato DICOM, obteniendo los modelos virtuales en 3D. Ahora, utilizando las marcas radio-opacas como guía, el odontólogo puede seleccionar el número y distribución de los implantes, y sus características macroscópicas¹⁸.

1.2.2. Férula quirúrgica:

Las férulas quirúrgicas se fabrican en base a la información aportada por la TCHC y la planificación con el programa informático, de esta manera, se desarrolla la férula para la inserción de los implantes en la localización deseada y con la angulación exacta²³. Están fabricadas en acrílico, mediante impresión 3D o con fresadora, e incluyen unos cilindros metálicos que se sitúan tridimensionalmente de acuerdo con la inclinación planificada de los implantes. A través de estos cilindros pasaran las fresas específicas de cirugía guiada para llevar a cabo la osteotomía y la colocación planificada de los implantes. Además, también pueden incorporar una serie de pins, generalmente tres, para aportar estabilidad en el maxilar¹⁸.

Estas férulas se pueden clasificar en función del tejido sobre el que se apoyan. De esta manera se pueden encontrar férulas de apoyo dentario, óseo y mucoso. Las férulas dentosoportadas (*Figura 2*) tienen un alto grado de precisión, ya que el soporte dentario es rígido; con éste tipo de férulas se puede realizar la técnica con colgajo o sin colgajo^{19,24,25}.



*Figura 2. Férula dentosoportada*¹⁸.

Las férulas oseosoportadas se utilizan en los casos de pacientes completamente edéntulos, en los que se realiza un colgajo amplio de espesor total, para exponer el hueso alveolar. Se suele utilizar cuando hay poca disponibilidad ósea, y se necesita una visión directa del hueso y/o es necesario realizar algún otro tipo de intervención, como injertos o expansiones^{26,27,28}. Son muy precisas, ya que se apoya sobre un tejido duro que no bascula, pero es más compleja su colocación, ya que hay que evitar el tejido blando, además, presenta el problema de aumentar las molestias postoperatorias (dolor, inflamación, hemorragia)²⁹. Por último, las férulas mucosoportadas (*Figura 3*) también se utilizan en pacientes totalmente edéntulos, cuando disponen de una adecuada estructura ósea, que asegura el procedimiento sin complicaciones. Permite

llevar a cabo una cirugía mínimamente invasiva sin colgajo, por lo que favorece un postoperatorio más cómodo, sin embargo, es la que posee menos grado de precisión, ya que está apoyada sobre un tejido blando que vascular^{25,27}.



Figura 3. Férula mucosoportada¹⁸

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En la actualidad, cada vez es mayor la exigencia del paciente en cuanto a su tratamiento odontológico, es por ello que los procedimientos deben ser de lo más sutiles y precisos posible. En el campo de la implantología, la precisión en cuanto a la colocación de los implantes va a determinar el éxito en los resultados funcionales, estéticos e higiénicos, y la cirugía mínimamente invasiva determinará un postoperatorio sin muchas complicaciones y más cómodo para el paciente. La implantología guiada por ordenador reúne los requisitos para conseguir unos resultados excelentes sin causar demasiadas molestias al paciente, y todo gracias a la exhaustiva planificación que exige la técnica. Es por ello que es necesario investigar sus aplicaciones, así como su efectividad y grado de precisión.

2. OBJETIVOS:

Objetivo principal:

- El objetivo principal de éste trabajo es realizar una búsqueda en la literatura científica acerca de las aplicaciones y efectividad de la cirugía guiada de implantes, así como de su precisión a la hora de colocarlos.

Objetivos secundarios:

- Valorar las ventajas y bondades de la cirugía de implantes guiada por ordenador.
- Establecer las desventajas e inconvenientes de la técnica.

3. MATERIAL Y MÉTODO:

La información necesaria para realizar éste estudio se consiguió mediante una búsqueda electrónica en la base de datos Pubmed. Los resultados de dicha búsqueda se obtuvieron el día 12 de diciembre de 2019 a las 19:25h.

Las palabras clave utilizadas en la búsqueda son:

“Dental implant”, “Oral implantology”, “Image guided surgery”, “Computer guided implant”.

Mediante éstas palabras clave, se desarrolló una estrategia de búsqueda para la obtención de los artículos pertinentes a éste estudio:

(Dental implant OR Oral implantology) AND (Image guided surgery OR Computer guided implant).

Se utilizaron los siguientes filtros:

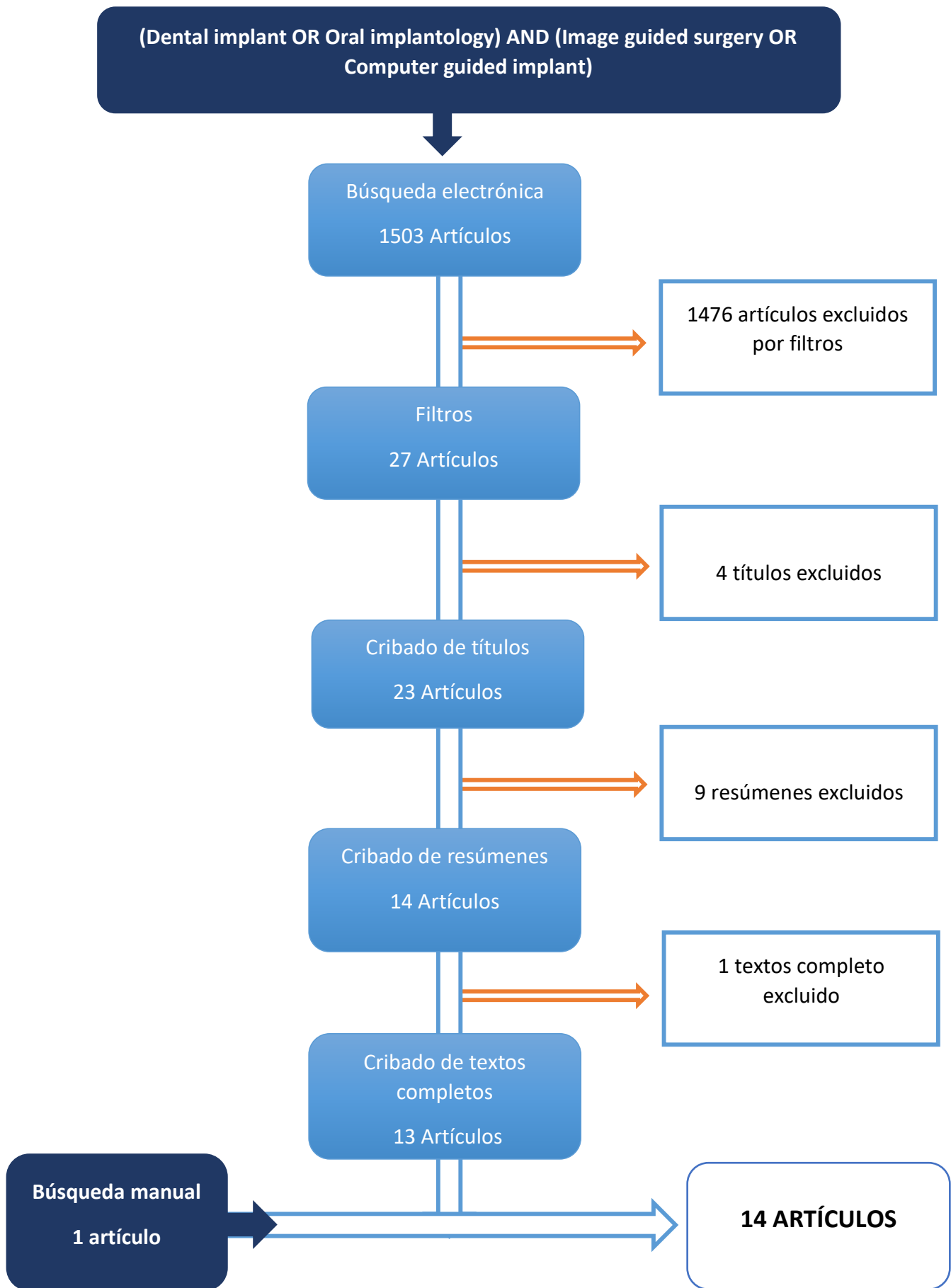
- Artículos de los últimos 10 años.
- Artículos en inglés.
- Artículos de alta evidencia científica (metanálisis y revisiones sistemáticas).
- Estudios realizados en humanos.

Como criterios de exclusión, se rechazó aquellos artículos que:

- No se centran en la temática de éste estudio.
- Artículos de poca evidencia científica.
- Estudios sobre animales.

Una vez tenidos en cuenta éstos condicionantes, se obtuvieron un gran número de artículos, que se analizaron y clasificaron, según su contenido, para seleccionar los más indicados para realizar éste estudio.

Por otra parte, se llevó a cabo una búsqueda manual de la literatura en la que, utilizando los mismos criterios de selección, se obtuvo un artículo que se añadió al análisis de éste estudio.



4. RESULTADOS:

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MATERIAL Y MÉTODO	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<i>Marlière DAA. y cols. (2019)</i> ³⁰	Revisión sistemática.	Evaluar los estudios clínicos sobre la precisión entre la planificación virtual de la cirugía guiada por ordenador y los resultados reales de la colocación de implantes.	Búsqueda electrónica en PUBMED de estudios publicados entre 2011 y 2016, acerca de la precisión de la colocación de implantes mediante cirugía guiada por ordenador.	Se incluyeron 7 artículos en esta revisión. Desviaciones angulares de 1,85-8,4º, desviación coronal de 0,17-2,17mm y desviaciones apicales de 0,77-2,86mm.	Las desviaciones angulares se produjeron sobre todo en el maxilar, mientras que las coronales y apicales se produjeron en mandíbula.
<i>Tahmaseb A. y cols. (2018)</i> ³¹	Revisión sistemática y metanálisis.	Evaluar la literatura sobre la precisión de la cirugía de implantes estáticos asistida por ordenador.	Búsquedas electrónicas y manuales en la literatura sobre la precisión de los sistemas de implantes estáticos asistidos por ordenador.	Se seleccionaron 1 ECA, 8 estudios retrospectivos no controlados y 11 estudios prospectivos no controlados. 2238 implantes colocados en 471 pacientes. Reveló un error medio de 1,2mm en coronal, 1,4mm en punto apical y una desviación de 3,5º. Diferencia significativa en la precisión, en favor de los edentulos parciales.	La precisión de la cirugía de implantes asistida por ordenador está dentro del rango clínicamente aceptable en la mayoría de las situaciones clínicas. Falta de homogeneidad en las técnicas y diseños de los estudios.
<i>Seo C. y cols. (2018)</i> ³²	Revisión sistemática.	Hacer una revisión sistemática sobre la precisión de la colocación	Búsqueda electrónica de la literatura a través de la base de datos	Se seleccionaron 6 artículos por su relevancia. 572 implantes en 93	Se muestra en la mayoría de los estudios que la guía de apoyo mucoso

Zhou W. y cols.
(2018)³³

	de implantes con una guía quirúrgica de soporte mucoso y discutir qué factores influyen en la precisión.	MEDLINE y EMBASE. Se analizaron las desviaciones entre la planificación virtual y la colocación real del implante.	pacientes. Los resultados de media: desviación global apical 0,67-2,19mm, desviación global coronal 0,6-1,68mm y desviación angular 2,6-4,67°.	so no excede las desviaciones 2,19mm en apical, 1,68mm en coronal y 4,67°. Puede influir densidad ósea, grosor de mucosa, técnica quirúrgica, tabaquismo y longitud de implante.	
	Revisión sistemática y metanálisis.	Revisar sistemáticamente la literatura actual con respecto a la precisión clínica de la cirugía guiada de implantes y analizar los factores clínicos involucrados.	Búsquedas en PUBMED y COCHRANE. Se incluyeron estudios clínicos con las medidas de: desviación del ángulo, desviación en el punto de entrada y desviación en el ápice. Los factores clínicos involucrados fueron evaluados adicionalmente.	Se analizaron 14 artículos. Reveló una desviación media en el punto de entrada de 1,25mm, en el ápice de 1,57mm o una desviación media en el punto de entrada de 1,25mm, en el ápice de 1,57mm y un ángulo de 4,1°. La cirugía parcialmente guiada mostro una desviación significativamente mayor que la totalmente guiada en los 3 parámetros. La cirugía sin colgajo indico una precisión significativamente mayor en los 3 parámetros.	La posición, fijación y tipo de guía, y el enfoque del colgajo podrían influir en la precisión de la cirugía de implantes asistida por ordenador. La mayor precisión la demuestra un sistema totalmente guiado, con tornillos de fijación y protocolo sin colgajo. La investigación clínica futura debería usar una técnica de medición estandarizada para mejorar la precisión.
	Revisión sistemática y metanálisis.	Analizar la precisión de la colocación de im-	Búsqueda en PUBMED de estudios entre 2005	Se analizaron 34 artículos. 8 estudios in-	La precisión de la colocación del implante fue

Bover-Ramos F. y cols.
(2018)³⁴

Marco Colombo y cols.
(2017)³

	plantes mediante cirugía guiada por ordenador y comparar la planificación y el resultado del tratamiento virtual en relación con el tipo de estudio. Comparar la precisión de la cirugía semi-guiada y la totalmente guiada.	y 2015. Se analizaron la desviación coronal horizontal, la desviación apical horizontal, la desviación angular y la desviación vertical.	vitro(543 implantes), 4 estudios en cadáveres (246 implantes) y 22 estudios clínicos (2244 implantes). Significativamente menor desviación apical y angular en los estudios invitro, pero no hubo diferencia en la desviación vertical. En la cirugía completamente guiada se obtuvo menor desviación coronal en los estudios de cadáveres, menor desviación apical en los estudios clínicos y menor desviación angular en los estudios clínicos y de cadáveres.	menor en los estudios clínicos y de cadáveres en comparación con los estudios in-vitro. La cirugía totalmente guiada logro mayor precisión que la semiguiada.
Revisión sistemática.	Comparar la colocación de implantes guiada por ordenador con los protocolos convencionales.	Búsqueda electrónica en MEDLINE de 2000 a 2016, incluyendo sólo ECAs que se centran en sujetos tratados con implantes guiados por ordenador en comparación con procedimientos convencionales. Se consideraron to-	Se analizaron 2 artículos (ECAs). No se observaron diferencias significativas entre el protocolo guiado y el convencional. En un ECA sí se obtuvo mejores resultados en cuanto a la percepción postoperatoria del paciente en el protocolo guiado.	La tasa de supervivencia de los implantes y la eficacia son similares en ambos grupos. Se discute la reducción de dolor postoperatorio, tiempo quirúrgico y costes generales. La investigación futura debe centrarse en la identificación de situaciones

Raico Gallardo YN. y cols. (2017)³⁵

		dos los tipos de resultados.		clínicas que pueden obtener mayores beneficios.
Revisión sistemática y metanálisis.	Evaluar sistemáticamente la literatura actual comparando la precisión de la cirugía de implantes asistida por ordenador, cuando se utilizan diferentes tejidos de soporte para la férula.	Búsqueda electrónica en PUBMED (1972-2015) y en COCHRANE (2002-2015). Se incluyeron las medidas de desviación angular, desviación en el punto de entrada y desviación en el ápice.	8 estudios cumplieron con los criterios para el análisis. Se evaluaron 4 mediante metanálisis. Las férulas con soporte óseo mostraron significativamente mayor desviación en ángulo, coronal y ápice que las de soporte dentario y mucoso. Entre las férulas con soporte mucoso y denario no se encontraron diferencias significativas.	El tejido de soporte de la férula quirúrgica influye en la precisión de la cirugía de implantes guiada por ordenador.
Revisión sistemática.	Verificar la utilidad y limitaciones de las férulas quirúrgicas durante la cirugía de implantes en el maxilar edentulo.	Búsqueda electrónica en la que se encontraron 2588 articulos, de los que se seleccionaron 36.	El resultado de los implantes colocados con cirugía guiada y sus rehabilitaciones protésicas correspondientes parece similar al esperado con técnicas convencionales. Complicaciones quirúrgicas insignificantes. Cirugía sin colgajo mas cómoda para el paciente.	La terapia de implantes a través de férulas quirúrgicas es predecible y más cómoda para el paciente.

Laleman I. y cols. (2016)³⁶

Tahmaseb A. y cols.
(2014)³⁷

<p>Revisión sistemática.</p>	<p>Evaluar la literatura sobre la precisión y el rendimiento clínico de la cirugía de implantes asistida por ordenador.</p>	<p>Búsquedas electrónicas y manuales de la literatura sobre la precisión y el rendimiento clínico de los sistemas de implantes asistidos por ordenador.</p>	<p>Se incluyeron 14 estudios de supervivencia y 24 de precisión. Error medio en el punto de entrada de 1,12mm (1530 implantes) y 1,39 mm en el ápice (1465 implantes).El fracaso promedio fue de 2,7% después de 12 meses. En el 36,4% de los casos tratados hubo complicaciones intraoperatorias y protésicas.</p>	<p>Alta tasa de supervivencia de los implantes a los 12 meses en diferentes indicaciones. Necesarios estudios a largo plazo para evaluar indicaciones clínicas, exactitud, riesgo, ajustar la dosis necesaria de radiación, y el coste asociado a la cirugía de implantes guiada por ordenador.</p>
<p>Revisión sistemática.</p>	<p>Actualizar la base de conocimiento existente en el tratamiento de implantes guiados por ordenador (precisión y ventajas clínicas), buscar evidencia científica sobre la necesidad de tejido queratinizado alrededor de los implantes y revisar la literatura reciente en la búsqueda de nueva información sobre la preservación de la cresta después de la extracción del diente.</p>	<p>La literatura fue buscada sistemáticamente y revisada críticamente. Se prepararon cuatro manuscritos, tres revisiones sistemáticas y una narrativa, que permitieron al grupo desarrollar conclusiones basadas en evidencia, así como implicaciones clínicas y recomendaciones para futuras investigaciones.</p>	<p>Los resultados que se obtuvieron en los documentos: Van Assche y cols. (2012), Hultin y cols. (2012), Wennström y cols. (2012), Wang y Lang (2012).</p>	<p>Las conclusiones que se obtuvieron en los documentos: Van Assche y cols. (2012), Hultin y cols. (2012), Wennström y cols. (2012), Wang y Lang (2012).</p>

Sicilia A. y cols.
(2012)³⁸

Hultin M. y cols.
(2012)³⁹

Revisión sistemática.	Examinar sistemáticamente la literatura científica actual sobre las ventajas clínicas de la colocación de implantes guiada por ordenador.	Búsquedas en 4 bases de datos electrónicas. Búsquedas manuales en las listas de referencias de publicaciones.	Se analizaron 2 revisiones sistemáticas y 28 publicaciones (15 prospectivos, 4 retrospectivos, 9 caso-control). 852 pacientes fueron tratados con 4032 implantes mediante cirugía guiada.	La limitada evidencia científica disponible sugiere que la colocación guiada de implantes tiene tan buena supervivencia como los protocolos convencionales. La cirugía guiada sin colgajo disminuye el dolor y molestias en el postoperatorio inmediato.
Van Assche N. y cols. (2012) ⁴⁰	Revisión sistemática. Evaluar la precisión de la colocación de implantes guiada por ordenador.	Búsquedas electrónicas y manuales sobre la precisión de la colocación de implantes guiada por ordenador, y se realizaron análisis de metarregresión para resumir y analizar la precisión general.	Se analizaron 19 estudios sobre precisión. Error medio coronal de 0,99mm y de 1,24mm en el ápice. La desviación angular media fue de 3,81°. Hubo diferencias significativas en todos los parámetros entre la cirugía guiada y la convencional. Hubo menos desviación cuando se colocaron más pins de fijación de la férula.	La colocación de implantes guiada por ordenador puede ser precisa, pero se observan desviaciones significativas. Se necesitan estudios aleatorizados para analizar el impacto de los parámetros individuales, para permitir la optimización de esta técnica.
Jung RE. y cols. (2009) ⁴¹	Revisión sistemática. Evaluar la literatura sobre precisión y rendimiento clínico de las aplicaciones de la tecno-	Búsquedas electrónicas y manuales en la literatura para recopilar información sobre la pre-	Error coronal medio de 0,74mm y apical de 0,85mm. La tasa de fracaso a los 12 meses fue	Altas tasas de supervivencia de los implantes tras 12 meses de observación, y con un

Schneider D. y cols.
(2009)²¹

	logía informática en la implantología.	cisión y el rendimiento clínico de los sistemas de implantología guiada.	de 3,36% (5 casos clínicos, 506 implantes). Complicaciones intraoperatorias en 4,6%.	buen nivel de precisión. Son necesarios datos clínicos a largo plazo.
Revisión sistemática.	Analizar la literatura con respecto a la precisión y aplicaciones clínicas de la implantología basada en férulas quirúrgicas guiada por ordenador.	Búsqueda electrónica y manual de la literatura para recopilar datos sobre la precisión y las complicaciones quirúrgicas, biológicas y protésicas en relación con el tratamiento de implantes guiado por ordenador. Para la evaluación de la precisión se realizó un análisis de metarregresión.	8 artículos sobre precisión y 10 sobre rendimiento clínico. Desviación media coronal de 1,07mm y apical de 1,63mm. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a fabricación o soporte de la férula. Complicaciones quirúrgicas tempranas en 9,1%, protésicas tempranas en 18,8% y protésicas tardías en 12%. Tasa de supervivencia de 91-100% a los 12-60 meses (6 casos clínicos con 537 implantes).	Tasa de supervivencia de 91-100% de los implantes colocados basándose en férulas guiadas por ordenador. Se observó un considerable número de complicaciones relacionadas con la técnica. La investigación futura debe realizarse con periodos de observación más largos, y mejorar los sistemas en términos de manejo perioperatorio, precisión y complicaciones protésicas.

5. DISCUSIÓN:

Ésta discusión se basa en la información aportada por los artículos que componen las 14 revisiones sistemáticas y metanálisis que se han seleccionado para la revisión.

Con esta revisión bibliográfica se pretende determinar las utilidades y consideraciones a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo una cirugía guiada de implantes, así como la precisión obtenida al colocar un implante en comparación con la técnica convencional. Para ello se ha llevado a cabo una exhaustiva búsqueda de artículos, de los 10 últimos años, en los que se comparan las diferentes ventajas e inconvenientes de la cirugía guiada de implantes, y los factores que pueden afectar a su precisión.

De esta manera, basándose en la información encontrada en la literatura, se va a desarrollar la discusión de éste tema, analizando los distintos procedimientos que se han ido valorando y desarrollando en la última década.

La cirugía guiada de implantes es considerada una técnica de gran precisión, sin embargo, no queda exenta de errores. Se trata de una técnica laboriosa, en la que los numerosos pasos durante la planificación, provocan que aumente la probabilidad de ir acumulando errores³⁰. Estos errores podrían poner en peligro el resultado estético, la seguridad de las estructuras anatómicas circundantes o impedir llevar a cabo el plan de tratamiento protésico como estaba previsto³¹. De esta manera, la precisión puede estar comprometida por: método radiológico utilizado, posición de la férula quirúrgica, tipo de cirugía guiada, técnica con o sin colgajo, y el uso de tornillos de fijación³³.

La adquisición de los datos volumétricos del paciente mediante la exploración radiológica es la primera fuente de errores potenciales. Los movimientos del paciente durante la realización de la TCHC pueden causar distorsión y degradación de la calidad de la imagen³¹. Pettersson y cols.⁴² demostraron que se producían mayores errores coronales y apicales cuando el paciente se movía durante la realización de la tomografía. Tadinada y cols.⁴³ y Makins y cols.⁴⁴ por su parte, concluyeron que la presencia de restauraciones metálicas en la boca del paciente puede producir artefactos que deterioran significativamente la calidad de la imagen, y que en algunos casos, puede afectar a la zona de interés. La influencia del tipo de exploración radiológica utilizada (TC o TCHC) no revela diferencias significativas en cuanto a la precisión de la colocación de

los implantes⁴⁵. El uso del TCHC en implantología está justificado tanto para obtener información en 3D del paciente, como para visualizar las estructuras anatómicas del paciente: seno maxilar, canalis sinuosus, canal nasopalatino o canal del nervio dentario inferior³⁶.

En cuanto a la adquisición de datos del paciente, ha habido un aumento significativo en el uso de escáneres intraorales en los últimos años, de manera que también han entrado en escena a la hora de planificar una cirugía guiada de implantes. La variabilidad en la precisión de los escáneres intraorales puede depender del tipo de escáner, de la necesidad de aplicar polvo en la cavidad oral o de la secuencia llevada a cabo para la obtención de las imágenes³¹. El operador que maneja el escáner influye en la precisión de las imágenes, aunque no depende de su experiencia; de igual manera, la distancia escaneada también afecta a la exactitud del escáner, y el error aumenta con el aumento de tamaño de la zona escaneada^{46,47}. Los escáneres no captan bien los tejidos blandos móviles, o cuando se trata de tramos edéntulos amplios o maxilares completamente desdentados, por lo que, en estos casos, es mejor optar por impresiones convencionales a las que, posteriormente, se les harán un escaneo digital. En esta conversión del modelo analógico a modelo digital, también se pueden producir errores de precisión³¹. Joda y cols. determinaron que la precisión del escáner intraoral disminuye en tanto que aumenta la distancia entre las estructuras anatómicas o scan-bodies de los implantes⁴⁸.

En la propia férula quirúrgica también existen fuentes de errores potenciales. La cirugía guiada tiene un instrumental específico, en el que las fresas de osteotomía están diseñadas para encajar en los cilindros insertados en la férula quirúrgica, de manera que se asegura que todas las fresas lleven la misma dirección. Existe un nivel de tolerancia entre el diámetro de la fresa y el cilindro de la férula, es decir, puede haber inexactitudes adicionales debido a los movimientos laterales de la fresa dentro del cilindro⁴⁹⁻⁵¹. Este nivel de tolerancia podría reducirse con el uso de cilindros de menor diámetro, que limitarían el movimiento lateral de la fresa dentro del cilindro³¹.

El tejido en el que se apoya la férula quirúrgica también puede influir en la precisión de la técnica. Las férulas de soporte óseo proporcionan menos precisión que las que se apoyan en mucosa o diente, probablemente debido al gran tamaño que debe tener el colgajo para poder apoyar la férula en el hueso. Por lo que sería muy tedioso el

reposicionamiento intraoperatorio de la férula⁵². Por otro lado, el metanálisis de Raico Gallardo y cols.³⁵ no mostró diferencias significativas entre las férulas dentosoportadas y mucosoportadas, en ninguna de las variables: ángulo, punto de entrada o ápice. No obstante, hubo cierta tendencia favorable hacia el grupo de las férulas dentosoporadas, en las que es recomendable un mínimo de 2 o más dientes sin movilidad, para favorecer la estabilidad de la férula²⁶.

A la hora de realizar la cirugía con o sin colgajo también puede haber variaciones en cuanto a las desviaciones que sufren los implantes. Se obtiene mayor precisión cuando se lleva a cabo la cirugía guiada sin colgajo, tanto en desviaciones angulares como en las coronales^{26,53,54}. Sin embargo hay que tener en cuenta algunas limitaciones a la hora de realizar la cirugía sin colgajo; requiere entre 4'5-5mm de tejido gingival queratinizado y otros 4'5-5mm de anchura de hueso alveolar⁵⁵; algunos autores como Vasak y cols.¹⁷, D'Haese y cols.⁵⁶ y Ochi y cols.⁵⁷ indican que a mayor grosor de la mucosa, habrá más probabilidades de sufrir desviaciones al colocar el implante cuando se realiza esta técnica de cirugía sin colgajo. Apoyándose en esto, Cassetta y cols.^{58,59} afirmó que los "fumadores" tienden a tener mayores niveles de desviación que los "no fumadores", debido a que los primeros tienen un biotipo más grueso.

Por otra parte, la localización de la férula, en maxilar superior o mandíbula, si influye, como se muestra en la revisión de Zhou y cols.³³, en la que se encontró que la desviación angular es mayor en el maxilar superior, lo que puede ser debido tanto a la mayor densidad del hueso de la mandíbula, como a la forma circular del hueso del maxilar, que impide el control de la angulación. En contraste con este estudio, Cassetta y cols.⁵⁹ sugirió que la férula quirúrgica puede sufrir mayor desplazamiento en la mandíbula, debido a su superficie de apoyo más reducida.

El tipo de cirugía guiada influye significativamente en la precisión, ya que se obtienen unos valores significativamente mayores tanto en desviación angular como en desviación del punto de entrada y apical del implante en la cirugía parcialmente guiada^{26,51}. Esto es fácilmente comprensible, puesto que en la cirugía parcialmente guiada el implante se introduce manualmente.

Por último, es significativamente más preciso llevar a cabo el procedimiento con una férula que esté debidamente fijada al maxilar mediante pins de fijación, ya que de esta manera se consigue mucha más estabilidad que con la presión manual. De ésta manera se observan menos desviaciones angulares del implante^{50,51}.

Todos estos factores pueden generar errores. El error medio en el punto de entrada en completamente desdentados y en parcialmente desdentados es de 1'3 y 0'9mm respectivamente; el error medio apical es de 1'5mm para los completamente desdentados y de 1'2mm para los parcialmente desdentados; y la desviación angular media es de 3'5°. La precisión de la cirugía guiada de implantes está dentro del rango clínico aceptable, pero es necesario guardar un margen de seguridad de 2mm³¹.

Varios autores coinciden al afirmar que no hay diferencias significativas en cuanto a la supervivencia de los implantes, independientemente del protocolo quirúrgico llevado a cabo, es decir, si se realizaron con cirugía convencional o con cirugía guiada^{3,38,39,60}. No obstante, el método guiado presenta algunas ventajas.

Gracias a la planificación con software de los implantes, éstos se pueden colocar de acuerdo con el plan de tratamiento protésico establecido, de manera que se puede disponer de la prótesis provisional que va a portar el paciente antes incluso de llevar a cabo la cirugía. En muchos artículos se destaca, como el mayor beneficio de la cirugía guiada, el beneficio protésico³. En cuanto a la carga inmediata, Sanna y cols.⁶¹ describen en su artículo un protocolo de carga inmediata planificado con implantología guiada en edéntulos completos, en el que evalúa la supervivencia de los implantes y la remodelación del hueso marginal a los 5 años. Los resultados de éste estudio sugieren que la cirugía guiada de implantes permite una buena tasa de supervivencia de las rehabilitaciones protésicas. Por su parte, Van Steenberghe y cols.⁶² también realizaron otro estudio de cirugía guiada de implantes en el que se planificó y se confeccionó la prótesis previamente a la cirugía, y se pudo cargar en los implantes de forma inmediata, obteniendo resultados exitosos tras el paso de 1 año.

La planificación de implantes con protocolos de cirugía guiada podría evitar en muchos casos la necesidad de llevar a cabo procedimientos de regeneración ósea, de manera que casos con reabsorción severa del maxilar podrían resolverse sin la obligación de

realizar una elevación de seno, ya que la planificación virtual permite optimizar el hueso remanente³. De ésta manera, Fortin y cols.⁶³ llevaron a cabo la colocación de implantes guiada por ordenador en pacientes edéntulos parciales, con gran atrofia del maxilar, sin necesidad de realizar elevaciones de senos, ya que aprovecharon las paredes anteriores y posteriores, y los septos del seno, así como la curvatura del paladar. Registraron un periodo observacional de 4 años, en el que no se perdieron implantes, ni se produjeron complicaciones. Evitar la elevación de seno es importante, ya que, como muestra en su estudio Tahmaseb y cols.⁶⁴, los implantes colocados con cirugía guiada en maxilares superiores tras la realización de elevación de seno, muestran una tasa de supervivencia significativamente menor (90%) que cuando no se lleva a cabo la elevación (96'7%).

Una cirugía guiada sin colgajo puede tener beneficios disminuyendo el dolor y la incomodidad del paciente en el postoperatorio inmediato³⁹, así como las complicaciones (hinchazón, hemorragias, hematomas, trismo)²⁷. Las intervenciones quirúrgicas orales que se prolongan en el tiempo aumentan el dolor y la incomodidad postoperatoria del paciente⁶⁵. La cirugía guiada sin colgajo dura incluso la mitad que una cirugía de implantes convencional²⁷. Por tanto, el factor tiempo puede explicar la disminución de dolor y malestar del paciente en el postoperatorio.

El hecho de que éste tipo de cirugía permita la colocación de implantes con un mínimo trauma tanto en tejidos blandos como en hueso, y que de esta manera se reduzcan las molestias en el paciente, hace que sea una técnica interesante para llevar a cabo en pacientes especialmente frágiles³⁹.

Como ya se ha comentado, el tiempo de la intervención se reduce considerablemente al realizar cirugía guiada, pero hay que tener en cuenta que se debe invertir mucho más tiempo en la planificación preoperatoria^{3,27,39}. Además hay que tener en consideración los costes del procedimiento. El odontólogo tiene que hacer una inversión inicial para material quirúrgico específico de la técnica y software informático, así como en formación y entrenamiento, además del aumento de coste de laboratorio para realizar las férulas diagnósticas y/o quirúrgicas. Éste aumento de costes para el odontólogo repercute directamente sobre el paciente. Sin embargo, se pueden evitar procedimientos de regeneración ósea o elevación de senos, y se puede reducir significativamente el tiempo del tratamiento, por lo que se pueden reducir los costos

generales, compensando así algunos costos adicionales^{3,36}. Sin embargo sería necesaria más investigación en cuanto a la relación coste-beneficio de la cirugía guiada³⁶.

La implantología guiada, como cualquier otro procedimiento en odontología, sea quirúrgico o no, puede tener complicaciones, tanto intrínsecas al acto quirúrgico, como propias de la rehabilitación protésica planificada. Dentro de las complicaciones protésicas, la más frecuente es la inadaptación de la rehabilitación, sobre todo si se combina la técnica con carga inmediata, ya que la prótesis se habría confeccionado antes del acto quirúrgico, gracias a la planificación virtual^{38,39,66}. En cuanto a las complicaciones quirúrgicas, destaca la fractura de la férula quirúrgica en el acto operatorio³⁷⁻³⁹; pero también se pueden producir otras como las relacionadas con la escasa visibilidad o el acceso limitado, ya que la férula ocupa un volumen, y puede ser complicado acceder a sectores posteriores debido a la limitación de la apertura³⁸. Tahmaseb y cols.³⁷, en su estudio, estiman que se produjeron complicaciones intraoperatorias o de prótesis en el 36'4% de los casos tratados, e informaron que esta tasa de complicaciones podría estar estrechamente relacionada con la curva de aprendizaje del odontólogo.

Haciendo referencia a las complicaciones intraoperatorias, es importante tener en cuenta la iatrogenia que puede provocar la inserción de los implantes en los maxilares, ya sea mediante un protocolo convencional o con cirugía guiada. La colocación de implantes es una causa importante de lesiones nerviosas³⁶. La incidencia de la lesión del nervio dentario inferior, causada por implantes, tiende a aumentar de manera constante⁶⁷. Toda la evidencia científica sobre lesiones nerviosas relacionadas con la colocación de implantes, hasta el año 2016, hacen referencia al nervio dentario inferior³⁶. Renton y cols.⁶⁸ observaron en su estudio que el 90% de los pacientes con daño iatrogénico del nervio dentario inferior sólo tenían imágenes intraorales y panorámicas en 2D, y sólo el 10% de los afectados se habían realizado TCHC preoperatoria. Por lo que se puede afirmar que la realización de TCHC preoperatoria puede ayudar a evitar lesiones iatrogénicas del nervio dentario inferior.

En cuanto a las complicaciones que pueden ocurrir a medio/largo plazo, pueden destacar las posibles fracturas de las prótesis o el fracaso de los implantes³⁹, aunque dicho fracaso es comparable al de la implantología convencional^{3,38,39,60}.

6. CONCLUSIONES:

Después de analizar la literatura disponible acerca del tema, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1. La cirugía guiada de implantes es precisa, pero puede acumular errores tanto durante la planificación, como durante el procedimiento quirúrgico.
2. Es necesario respetar un margen de seguridad de 2mm.
3. No hay diferencias significativas en cuanto a la supervivencia de los implantes colocados mediante cirugía guiada, y los colocados mediante el protocolo convencional.
4. La cirugía guiada de implantes puede evitar procedimientos de regeneración ósea.
5. La cirugía guiada de implantes disminuye las molestias y complicaciones postoperatorias.
6. La complicación quirúrgica más común es la fractura de la férula.
7. La complicación protésica más común es la inadaptación de la rehabilitación protésica.

7. BIBLIOGRAFÍA:

1. Oliveira A, Garrido M, López E, Guerra J, García O, Ortega V. Planificación de tratamiento con software para cirugía guiada en implantología oral Treatment planning with software for guided surgery in implant dentistry. *Eur J Oral Implantol.* 2010;3:245–251.
2. Smeets R, Stadlinger B, Schwarz F, Beck-Broichsitter B, Jung O, Precht C, et al. Impact of Dental Implant Surface Modifications on Osseointegration. *Biomed Res Int.* 2016;2016:1–16.
3. 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 Dec 13;17(1):150.
4. Bragança KL, Mourelo PJ, Prada DF, Castro LJ. Rehabilitación fija maxilar con implantes mediante cirugía guiada asistida por ordenador Maxillary fixed rehabilitation with implants by computer assisted guided surgery. *Av Odontoestomatol.* 2017;33(5):197–203.
5. BouSerhal C, Jacobs R, Quirynen M, van Steenberghe D. Imaging technique selection for the preoperative planning of oral implants: A review of the literature. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2002;4(3):156–172.
6. Vazquez L, Saulacic N, Belser U, Bernard JP. Efficacy of panoramic radiographs in the preoperative planning of posterior mandibular implants: A prospective clinical study of 1527 consecutively treated patients. *Clin Oral Implants Res.* 2008 Jan;19(1):81–85.
7. Chan HL, Misch K, Wang HL. Dental imaging in implant treatment planning. *Implant Dent.* 2010 Aug;19(4):288–298.
8. Velasco Ortega E, García Méndez Á, Segura Egea JJ, Medel R, España A, Ortega EV. Originals Guided implant surgery and immediate loading in implant dentistry. Diagnostic and surgical considerations. *Rev Esp Odontoestomatológica Implant.* 2008;16(4):211-218.
9. Widmann G, Bale RJ. Accuracy in computer-aided implant surgery--a review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006 ;21(2):305–313.
10. Hatcher DC. Operational Principles for Cone-Beam Computed Tomography. *J Am Dent Assoc.* 2010 Oct;141(Supl. 10):3S–6S.
11. Benavides E, Rios HF, Ganz SD, An CH, Resnik R, Reardon GT, et al. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: The international congress of oral implantologists consensus report. *Implant Dent.* 2012;21(2):78–86.
12. Harris D, Horner K, Gröndahl K, Jacobs R, Helmrot E, Benic GI, et al. E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry 2011. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration at the Medical University of Warsaw. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(11):1243–

- 1253.
13. Suomalainen A, Pakbaznejad Esmaeili E, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights Imaging*. 2015 Feb 10;6(1):1–16.
 14. Meza CA, Sfeir QM, Rivas HA. Guidelines on the use of cone-beam computed tomography in pre-surgical evaluation for dental implants. *Av Odontoestomatol*. 2018;34(4):183–192.
 15. Pedroso LA de M, Garcia RR, Leles JLR, Leles CR, Silva MAGS. Impact of cone-beam computed tomography on implant planning and on prediction of implant size. *Braz Oral Res*. 2014 Jan;28(1):46–53.
 16. Gupta S, Patil N, Solanki J, Singh R, Laller S. Oral implant imaging: A review. *Malaysian J Med Sci*. 2015;22(3):7–17.
 17. Vasak C, Watzak G, Gahleitner A, Strbac G, Schemper M, Zechner W. Computed tomography-based evaluation of template (NobelGuide™)-guided implant positions: a prospective radiological study. *Clin Oral Implants Res*. 2011 Oct;22(10):1157–1163.
 18. Velasco Ortega E. *Implantología oral guiada asistida por ordenador*. Madrid: Ripano; 2013.
 19. Lal K, White GS, Morea DN, Wright RF. Use of Stereolithographic Templates for Surgical and Prosthodontic Implant Planning and Placement. Part I. The Concept. *J Prosthodont*. 2006 Jan;15(1):51–58.
 20. Eggers G, Patellis E, Mühling J. Accuracy of template-based dental implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24(3):447–454.
 21. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clin Oral Implants Res*. 2009 Sep;20(Supl. 4):73–86.
 22. Puig CP. A retrospective study of edentulous patients rehabilitated according to the “all-on-four” or the “all-on-six” immediate function concept using flapless computer-guided implant surgery. *Eur J Oral Implantol*. 2010 Jun 1;3(2):155–163.
 23. Drago C, del Castillo R, Peterson T. Immediate Occlusal Loading in Edentulous Jaws, CT-Guided Surgery and Fixed Provisional Prosthesis: A Maxillary Arch Clinical Report. *J Prosthodont*. 2011 Apr;20(3):209–217.
 24. Marcelis K, Vercruyssen M, Naert I, Teughels W, Quirynen M. Model-based guided implant insertion for solitary tooth replacement: A pilot study. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Aug;23(8):999–1003.
 25. Terzioğlu H, Akkaya M, Ozan O. The use of a computerized tomography-based software program with a flapless surgical technique in implant dentistry: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24(1):137–142.
 26. 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* . 2010 Jan 1;81(1):43–51.
27. Arisan V, Karabuda CZ, Özdemir T. Implant surgery using bone- and mucosa-supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques. *Clin Oral Implants Res*. 2010 May;21(9):980–988.
 28. Abboud M, Wahl G, Calvo-Guirado JL, Orentlicher G. Application and success of two stereolithographic surgical guide systems for implant placement with immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(3):634–643.
 29. 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.
 30. Amaral D, Marlière A, Demétrio MS, Picinini LS, Oliveira RG De, Duque H, et al. Accuracy of computer - guided surgery for dental implant placement in fully edentulous patients : A systematic review. *Eur J Dent*. 2019;12(1):153–160.
 31. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2018 Oct 17;29(Supl.16):416–435.
 32. 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 Mar 31;9(1):1–10.
 33. Zhou W, Liu Z, Song L, Kuo C, Shafer DM. Clinical Factors Affecting the Accuracy of Guided Implant Surgery—A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract*. 2018 Mar;18(1):28–40.
 34. Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018 Jan;33(1):101–115.
 35. Raico Gallardo YN, da Silva-Olivio IRT, Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L. Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2017 May;28(5):602–612.
 36. Laleman I, Bernard L, Vercruyssen M, Jacobs R, Bornstein M, Quirynen M. Guided Implant Surgery in the Edentulous Maxilla: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017;31(Supplement):103–117.
 37. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Jan;29(Supplement):25–42.
 38. Sicilia A, Botticelli D. Computer-guided implant therapy and soft- and hard-tissue aspects. The Third EAO Consensus Conference 2012. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Oct;23(Supl. 6):157–161.

39. Hultin M, Svensson KG, Trulsson M. Clinical advantages of computer-guided implant placement: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Oct;23(Supl. 6):124–135.
40. Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Oct;23(Supl. 6):112–123.
41. Jung RE, Dent M, Schneider D, Dent M, Ganeles J, Wismeijer DMDD, et al. Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry : A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(Supplement):92–109.
42. Pettersson A, Komiyama A, Hultin M, Näsström K, Klinge B. Accuracy of Virtually Planned and Template Guided Implant Surgery on Edentate Patients. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012 Aug ;14(4):527–537.
43. Tadinada A, Jalali E, Jadhav A, Schincaglia GP ietr., Yadav S. Artifacts in Cone Beam Computed Tomography Image Volumes: An Illustrative Depiction. *J Mass Dent Soc.* 2015 Mar 1;64(1):12–15.
44. Makins SR. Artifacts interfering with interpretation of cone beam computed tomography images. *Dent Clin North Am.* 2014;58(3):485–495.
45. Arisan V, Karabuda ZC, Pişkin B, Özdemir T. Conventional Multi-Slice Computed Tomography (CT) and Cone-Beam CT (CBCT) for Computer-Aided Implant Placement. Part II: Reliability of Mucosa-Supported Stereolithographic Guides. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2013 Dec 1;15(6):907–917.
46. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, Pradíes G. Accuracy of a Digital Impression System Based on Active Wavefront Sampling Technology for Implants Considering Operator Experience, Implant Angulation, and Depth. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015 Jan 1;17(Supl. 1):e54–64.
47. Giménez B, Pradíes G, Martínez-Rus F, Özcan M. Accuracy of Two Digital Implant Impression Systems Based on Confocal Microscopy with Variations in Customized Software and Clinical Parameters. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015 Jan;30(1):56–64.
48. Joda T, Lenherr P, Dedem P, Kovaltschuk I, Bragger U, Zitzmann NU. Time efficiency, difficulty, and operator's preference comparing digital and conventional implant impressions: a randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res.* 2017 Oct 1;28(10):1318–1323.
49. Cassetta M, Stefanelli L V, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S. Accuracy of a Computer-Aided Implant Surgical Technique. *Int J Periodontics Restor Dent.* 2013 May;33(3):317–325.
50. Cassetta M, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S, Barbato E. Accuracy of two stereolithographic surgical templates: A retrospective study. *Clin Implant Dent Relat Res .* 2013 Jun 1;15(3):448–459.
51. Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, Stefanelli LV, Cavallini C. The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in implant guided surgery. *Int J Oral*

- Maxillofac Surg. 2013 Feb 1;42(2):264–275.
52. Lal K, White GS, Morea DN, Wright RF. Use of Stereolithographic Templates for Surgical and Prosthodontic Implant Planning and Placement. Part I. The Concept. *J Prosthodont.* 2006 Jan;15(1):51–58.
 53. Ersoy AE, Turkyilmaz I, Ozan O, McGlumphy EA. Reliability of Implant Placement With Stereolithographic Surgical Guides Generated From Computed Tomography: Clinical Data From 94 Implants. *J Periodontol.* 2008 Aug 1;79(8):1339–1345.
 54. Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical Accuracy of 3 Different Types of Computed Tomography-Derived Stereolithographic Surgical Guides in Implant Placement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Feb 1;67(2):394–401.
 55. Rousseau P. Flapless and Traditional Dental Implant Surgery: An Open, Retrospective Comparative Study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010 Sep;68(9):2299–2306.
 56. 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 Apr 1;14(2):293–303.
 57. Ochi M, Kanazawa M, Sato D, Kasugai S, Hirano S, Minakuchi S. Factors affecting accuracy of implant placement with mucosa-supported stereolithographic surgical guides in edentulous mandibles. *Comput Biol Med.* 2013 Nov;43(11):1653–1660.
 58. Cassetta M, Pompa G, Di Carlo S, Piccoli L, Pacifici A, Pacifici L. The influence of smoking and surgical technique on the accuracy of mucosa-supported stereolithographic surgical guide in complete edentulous upper jaws. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2012 Oct;16(11):1546–1553.
 59. Cassetta M, Giansanti M, Di Mambro A, Stefanelli L. Accuracy of Positioning of Implants Inserted Using a Mucosa-Supported Stereolithographic Surgical Guide in the Edentulous Maxilla and Mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014 Sep 19;29(5):1071–1078.
 60. Berdougou M, Fortin T, Blanchet E, Isidori M, Bosson J-L. Flapless Implant Surgery Using an Image-Guided System. A 1- to 4-Year Retrospective Multicenter Comparative Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2009 Feb 13;12(2):142–152.
 61. Sanna AM, Molly L, van Steenberghe D. Immediately loaded CAD-CAM manufactured fixed complete dentures using flapless implant placement procedures: A cohort study of consecutive patients. *J Prosthet Dent.* 2007 Jun;97(6):331–339.
 62. Steenberghe D, Glauser R, Blomback 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. 2005 Jun;7(Supl.1):s111–120.

63. Fortin T, Isidori M, Bouchet H. Placement of posterior maxillary implants in partially edentulous patients with severe bone deficiency using CAD/CAM guidance to avoid sinus grafting: a clinical report of procedure. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24(1):96–102.
64. Tahmaseb A, De Clerck R, Aartman I, Wismeijer D. Digital protocol for reference-based guided surgery and immediate loading: a prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Oct;27(5):1258–1270.
65. Sato FRL, Asprino L, de Araújo DES, de Moraes M. Short-Term Outcome of Postoperative Patient Recovery Perception After Surgical Removal of Third Molars. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009 May;67(5):1083–1091.
66. Merli M, Bernardelli F, Esposito M. Computer-guided flapless placement of immediately loaded dental implants in the edentulous maxilla: a pilot prospective case series. *Eur J Oral Implantol*. 2008;1(1):61–69.
67. Renton T, Yilmaz Z. Profiling of patients presenting with posttraumatic neuropathy of the trigeminal nerve. *J Orofac Pain*. 2011;25(4):333–344.
68. Renton T, Dawood A, Shah A, Searson L, Yilmaz Z. Post-implant neuropathy of the trigeminal nerve. A case series. *Br Dent J*. 2012 Jun 8;212(11):E17.