



Lina Camila Arenaza Leal

Principios de Cirugía Guiada: Revisión Narrativa de la Literatura

CURITIBA
2024

Lina Camila Arenaza Leal

Principios de Cirugía Guiada: Revisión narrativa de la literatura

Disertación presentada a la Facultad de ILAPEO
como parte de los requisitos para la obtención del
título de Maestra en Odontología con área de
concentración en implantología

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Rocha Bernardes
Co-orientador: Prof. Dr. Erton Massamitsu
Miyasawa

CURITIBA
2024

Lina Camila Arenaza Leal

Principios de Cirugía Guiada: Revisión Narrativa de la Literatura

Presidente da Banca Orientador: Prof. Dr. Sergio Rocha Bernardes

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Erton Massamitsu Miyasawa
Profa. Dra. Flavia K. Fontão

Aprovada em: 29-02-2024

Dedicatoria

A mi mamá, fuente inagotable de apoyo incondicional y motivación. A mi roomie, cuyo talento en la búsqueda de artículos científicos ha sido invaluable para este trabajo, gracias por siempre estar. A las nuevas amistades surgidas en esta maestría, en especial a la moradita, que confío en que perdurará en el tiempo como un tesoro invaluable. A mi familia, cuyo constante respaldo ha sido la fuerza que impulsa mis logros. Y a mi Kira, mi bebé, gracias por las descargas diarias de oxitocina que han iluminado cada etapa de este viaje académico. Este logro es también suyo. ¡Gracias a todos por creer en mí y ser parte de este triunfo!

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Erton, gracias por su orientación que ha sido fundamental para mi desarrollo académico.

Al Dr. Yeison Ladino, por su habilidad excepcional detrás del lente de la cámara.

A mis compañeros de maestría, especialmente a Reyna, agradezco las valiosas enseñanzas
brindadas con amor y dedicación.

Tabla de Contenido

1.	Artículo científico 1.....	7
2.	Artículo científico 2.....	29

1 Artículo científico 1

PRINCIPIOS CIRUGÍA GUIADA EN IMPLANTOLOGÍA.

Lina Camila Arenaza Leal¹
 Rubens Moreno de Freitas²
 Ertan Massamitsu Miyasawa²
 Sergio Rocha Bernardes²

¹ Odontóloga - Periodoncista, Estudiante de Maestría en Odontología con área de concentración en Implantología, Faculdade ILAPEO, Curitiba/PR, Brazil

² Profesor de Posgrado, Maestría y Doctorado, Faculdade ILAPEO, Curitiba/PR, Brazil

RESUMEN

La cirugía guiada es actualmente una de las estrategias más utilizadas por parte de los odontólogos que se desempeñan en el campo de la implantología; la literatura sobre este tema, si bien es amplia es un campo en crecimiento que aún carece de artículos que generen certeza sobre la totalidad de los abordajes que de esta técnica se puedan derivar, esto, debido a la calidad de los estudios primarios. Esta revisión se realiza con el fin de proveer al nuevo clínico y a aquel que esté realizando su primera inmersión en el campo de la implantología guiada, los conceptos básicos y críticos de la recolección de imágenes, el diagnóstico, la planeación y el desarrollo de la cirugía guiada de implantes dentales

Palabras-clave: Implantes dentales.; Cirugía asistida por computador.

ABSTRACT

Guided surgery is nowadays one of the most used strategies by dentists who work in the field of implantology; The literature on this topic, although extensive, is a growing field that still lacks articles that generate certainty about all the approaches that can be derived from this technique, due to the quality of the primary studies. This review is performed in order to provide the new clinician and those who are making their first immersion in the field of guided implantology, the basic and critical concepts of image collection, diagnosis, planning and development of guided dental implants surgery.

Keywords: Dental implants.; Surgery, Computed Assited.

INTRODUCCIÓN

La terapia con implantes se ha convertido en el tratamiento de elección para reemplazar dientes perdidos (1). Esto se hace visible con el crecimiento en el mercado de implantes dentales donde se estima que anualmente a nivel mundial se venden de 12 a 18 millones de implantes (2). A medida que la cantidad de implantes colocados aumenta, la cantidad de complicaciones

postratamiento derivadas de errores en la planeación aumenta, es por lo que la colocación de implantes precisa y protésicamente guiada es esencial para reducir dichas complicaciones post-tratamiento y garantizar la máxima probabilidad de un resultado exitoso del tratamiento (3). Los avances en las tecnologías digitales han traído grandes cambios en la odontología (4), permitiendo inicialmente tener un conocimiento tridimensional de la anatomía del paciente gracias a la tomografía por rayo de cono y posteriormente la asociación de esos datos a la perspectiva clínica dental del paciente de manera digital en los softwares de planeación (5). Esta revisión se realiza con el fin de proveer al nuevo clínico y a aquel que esté realizando su primera inmersión en el campo de la implantología guiada, los conceptos básicos y críticos de la recolección de imágenes, el diagnóstico, la planeación y el desarrollo de la cirugía guiada de implantes dentales.

REVISIÓN NARRATIVA

Historia

Las guías convencionales o “guías para fresa piloto” son usadas para dar una orientación al cirujano(5,6) y este fue el primer acercamiento para la incorporación de la planeación protesicamente guiada en la colocación de implantes dentales; indica la posición que se encuentra más adecuado desde el punto de vista protésico. No se considera el análisis de tejidos duros, como la comparación de archivos de datos radiológicos (7). La primera versión de Sim/Plant fue lanzada en 1993, que permitía colocación de implantes virtuales. En 2005 NobelBiocare (Zurich, Suiza) lanzó la tecnología NobelProcera/NobelGuide que permitía la planificación completa del implante y sistema de colocación, desarrollaron también instrumental para crear osteotomías de profundidad y dirección precisas, así como la aparición de técnicas mínimamente invasivas como la colocación implantes sin colgajo (5). En este momento, en el mercado se encuentran gran variedad de Softwares de otros fabricantes, como

EasyGuide (Keystone Dental, Burlington, MA, EE.UU.), Straumann coDiagnostiX (Straumann, Basilea, Suiza), VIP Software (BioHorizons, Birmingham, AL, EE. UU.), Implant Master (IDent, Foster City, CA, EE. UU.) entre otros (5).

Sistemas de adquisición de imágenes

La tecnología de diseño y manufactura asistida por computador (CAD-CAM)(8) en implantología implica la integración de la clínica, imágenes intra y extraorales (fotografías), modelo 3D y la anatomía subyacente (tomografía) para poder inicialmente planear, para después diseñar y confeccionar la guía quirúrgica.

Imágenes digitales y comunicaciones en medicina (DICOM) (Figura 1) es el Formato de archivo de imagen estándar utilizado por los dispositivos de hardware radiológico (9). En el caso de la implantología, desde la aparición de la tomografía de rayo de cono (CBCT) en 1996 (10), los DICOM son obtenidos de este tipo de examen, pues el CBCT ofrece una tecnología digital de baja dosis y alta resolución que proporciona imágenes de alta calidad y dimensionalmente precisas para los tres planos de referencia (10).

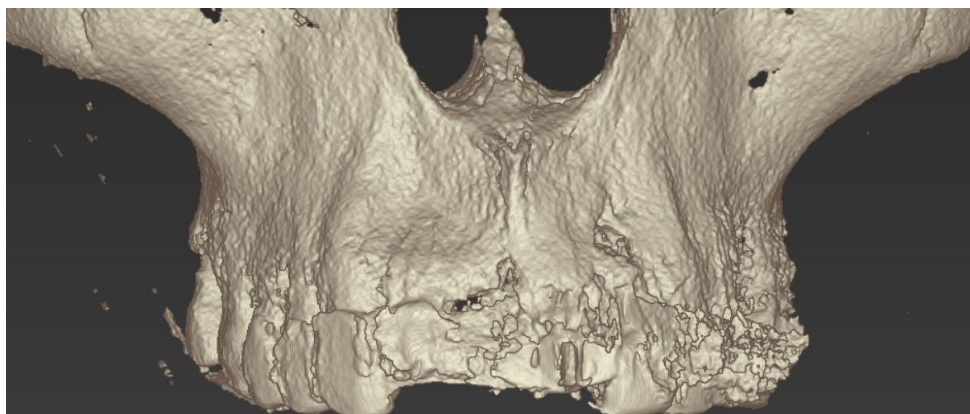
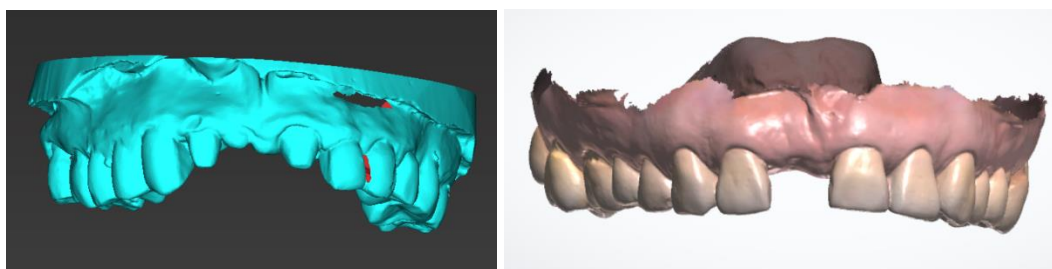


Figura 1: Segmentación formato DICOM

Para el archivo del modelo clínico, actualmente existen dos tipos de formatos que pueden ser utilizados; el primero se obtiene del algoritmo de teselación que crea una representación de límites simple que cubre la superficie del sólido con triángulos. Cada triángulo está descrito por una normal exterior y las coordenadas de tres puntos ordenados. Estas mallas triangulares almacenadas en formato STL (Figura 2) se utilizan como definiciones de geometría de objetos reales (8). Este archivo se caracteriza por ser monocromático. El segundo archivo es el formato de archivo de polígono (o formato de triángulo de Stanford) PLY (Figura 3), fue diseñado con el propósito de ser a la vez flexible y portátil, (11) así pues, este es un formato más liviano y policromático. Clínicamente, estos dos tipos de archivos se pueden obtener de manera directa, utilizando un escáner intraoral o de manera indirecta, tomando una impresión análoga (Silicona, Alginato) y escaneando el modelo obtenido en un escáner de mesa.



Figuras 2 y 3: Modelo STL y Modelo PLY

Importación de archivos y match en el software de planeación

Una vez se cuente con las imágenes, se procede a la importación de estas en el software de planeación de preferencia. Estos software permiten la integración de la información obtenida en el punto anterior.

Para lograr hacer el emparejamiento (Match, fusión) en el software de planeación se debe iniciar por realizar la segmentación del CBCT.

La segmentación de objetos y/o tejidos a partir de un CBCT se realiza utilizando umbrales basados en conocimientos previos de la densidad de la estructura anatómica (unidades Hounsfield)(12). De esta manera, las herramientas del software de planeación permiten “limpiar” la imagen hasta obtener la capa de tejidos que se necesita para emparejar con el archivo obtenido de la impresión del paciente (Análoga o digital).

Cuando el paciente es parcialmente dentado, las piezas dentales remanentes, serán visibles en las imágenes ópticas (STL – PLY) y tomográficas (DICOM) por lo que se pueden utilizar para emparejar estos archivos. Sin embargo, si el paciente es desdentado o las estructuras dentales presentan movilidad y no ofrecen un punto fijo, existen diferentes métodos para obtener imágenes que sean aptas para el emparejamiento de los archivos. La primera de ellas es utilizar otro tipo de herramientas (Tornillos de fijación, resinas, entre otros) (12) debido a que su densidad permitirá la aparición de las mismas, en las imágenes obtenidas en el CBCT y en la impresión (analógica o digital). La segunda opción para pacientes edéntulos totales es el protocolo del escaneo doble (Double Scan) este protocolo, se realiza sobre la prótesis del paciente si está correctamente adaptada y prostéticamente adecuada, de no ser así, se debe seguir todo el flujo de trabajo para elaboración de una prótesis total removible, una vez se cuenta con la prótesis idónea; se procede a realizar las ranuras para los marcadores, estas normalmente deben tener entre 1 y 1,5 mm de diámetro y 1 mm de profundidad (13) y se colocan entre 6 y 8 marcadores radiopacos. Se sugiere una distribución bastante uniforme en diferentes planos para facilitar la alineación futura. (14)

Por último, si se cuenta con el archivo digital del encerado, este se importará al software de planeación con el fin de que toda la planeación sea guiada protésicamente (Figura 4).(4)

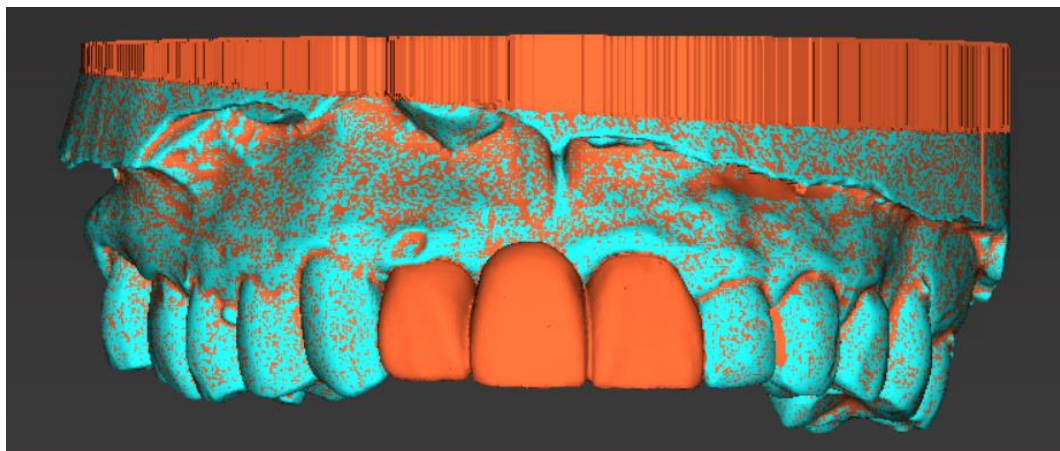


Figura 4: STL del encerado digital del caso de la imagen 1

Planeación digital del/los implantes

Una vez todos los archivos se encuentran en posición, incluyendo la alineación de coordenadas del paciente, la curva panorámica y la detección del canal del nervio mandibular (15) (si se habla de mandíbula); se procede a realizar el posicionamiento digital del implante. Cada software tiene su biblioteca con los diferentes sistemas de implantes cargados para su utilización. En el caso de Codiagnostix (Straumann, Basilea, Suiza), se destaca por su interfaz intuitiva y su capacidad para integrar imágenes DICOM, facilitando la planificación precisa y personalizada de los implantes. Además, ofrece herramientas avanzadas para la visualización tridimensional y la simulación quirúrgica, permitiendo una planificación más segura y eficiente del procedimiento implantológico. Adicionalmente, Codiagnostix incluye una extensa biblioteca de aditamentos, lo que permite seleccionar y adaptar los componentes protésicos con gran precisión, mejorando así los resultados finales del tratamiento. Así pues se procede a escoger la casa comercial, la referencia y las dimensiones del implante, para la zona seleccionada (Figura 5). Después de este primer posicionamiento aproximado, la inserción virtual del implante se perfecciona utilizando los comandos del software y así, se ubica el implante a para

obtener la posición deseada (Figura 6). En cuanto a ubicación tridimensional y reparos anatómicos de importancia según la zona a tratar.



Figura 5: Ventana de selección de implante Software: coDiagnostiX (Straumann, Basilea, Suiza)

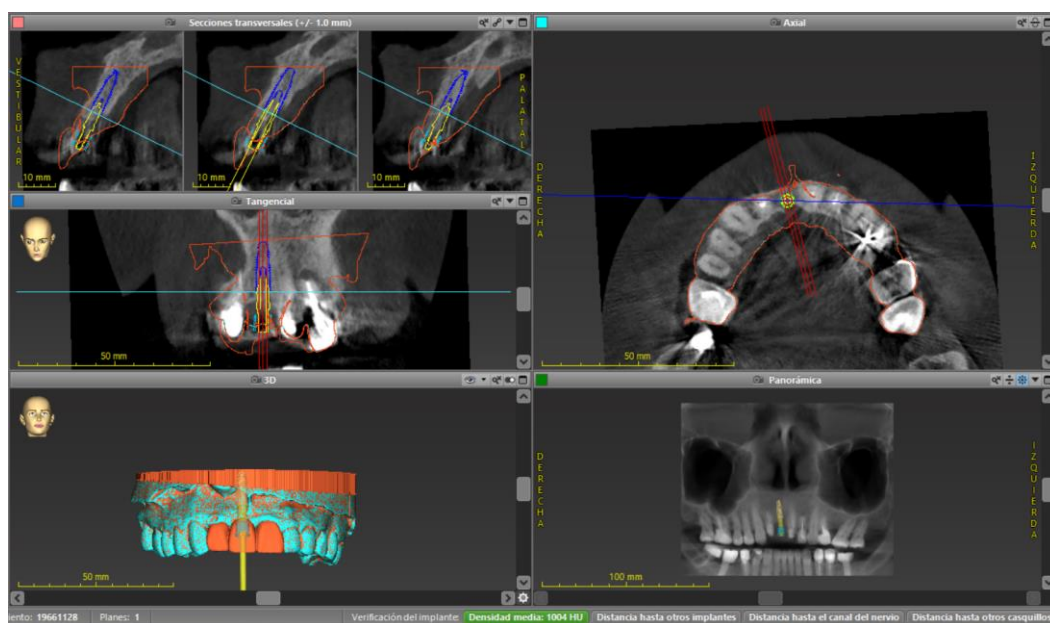


Figura 6: Implante posicionado para el caso de la imagen 1 en el Software: coDiagnostiX (Straumann, Basilea, Suiza)

Diseño e impresión de la guía quirúrgica

Una vez ubicado el implante de manera definitiva se procede diseñar la guía quirúrgica, existen diferentes tipos de fijación de la guía quirúrgica basados en la anatomía del paciente: Dentosoportadas, mucosoportadas, óseosoportadas, óseomucosoportadas y apilables (7).

Una vez diseñada la guía quirúrgica, se procede a exportar el STL de la guía generado en el software (Figura 7) para posteriormente, se importan a un software de corte 3D, se corta y se adapta a la cama de impresión (Figura 8) (16).



Figuras 7 y 8: STL de la guía quirúrgica – guía quirúrgica impresa con soportes

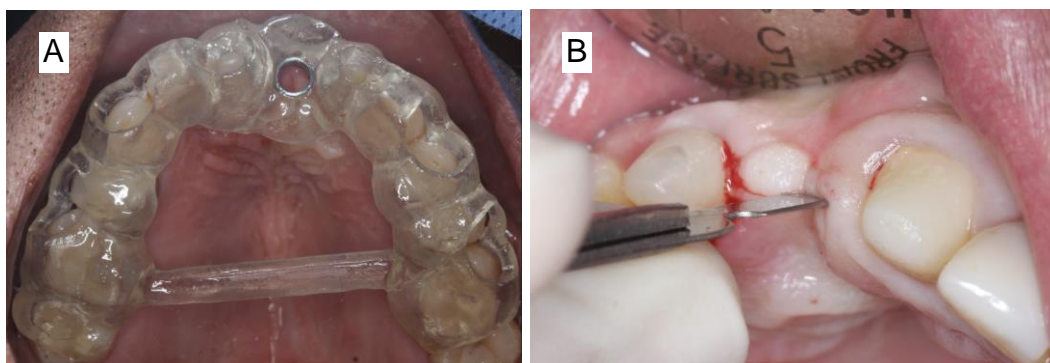
En cuanto a los sistemas de impresión, existen tres métodos de fabricación: a partir de Tecnologías de procesamiento de luz digital (DLP), impresión continua de interfaz líquida (CLIP) y estereolitografía (SLA) (17). Los tres sistemas ofrecen altos grados de precisión; sin embargo, se ha evidenciado que las SLA ofrecen mayor precisión en la zona de la anilla y que las guías generadas en sistemas SLA y DLP presentaban un asentamiento más exacto que las obtenidas con CLIP (17). Además, las resinas utilizadas en estos sistemas juegan un papel crucial. Las resinas de impresión 3D varían en sus propiedades mecánicas, resistencia al impacto, flexibilidad y biocompatibilidad, lo que permite su uso en una amplia gama de aplicaciones, desde prototipos hasta productos finales. La elección de la resina adecuada es fundamental para obtener resultados óptimos en términos de precisión y durabilidad del objeto impreso(17).

Procedimiento quirúrgico

Una vez se evalúa el asentamiento de la guía quirúrgica (Figura 9 - A) se procede a valorar la cantidad de tejido queratinizado para definir el diseño del colgajo, pues se conoce que cuando hay menos de 2 mm de tejido queratinizado se podría considerar que existe una alteración de la estabilidad de los tejidos peri-implantarios(18) (Figura 9 - B) por lo que la evaluación de la zona es crítica para definir el abordaje a realizar. Siempre que se encuentre una cantidad de tejido queratinizado adecuada, el abordaje flapless será el de elección, ya que al considerar la invasividad quirúrgica y la precisión de la colocación del implante con respecto a la posición planificada, el abordaje flapless, parece favorecer. De hecho, por un lado, el abordaje sin colgajos parece asociarse con la reducida invasividad, específicamente a un tiempo quirúrgico más corto, y a una menor morbilidad intraoperatoria y postoperatoria (19).

En cuanto a la bandeja quirúrgica a utilizar, se conoce que los sistemas de implante sin llave reductora imágenes 3D presentan menor desviación que aquellos que necesitan llave reductora, principalmente en alveolos postextracción (Figura 9 - C) (20).

Para la secuencia de fresado, la evidencia sugiere que la precisión aumenta cuando se utilizan secuencias de fresado completas. Así que, las secuencias mínimas de perforación deben limitarse a casos estrictamente seleccionados (20).



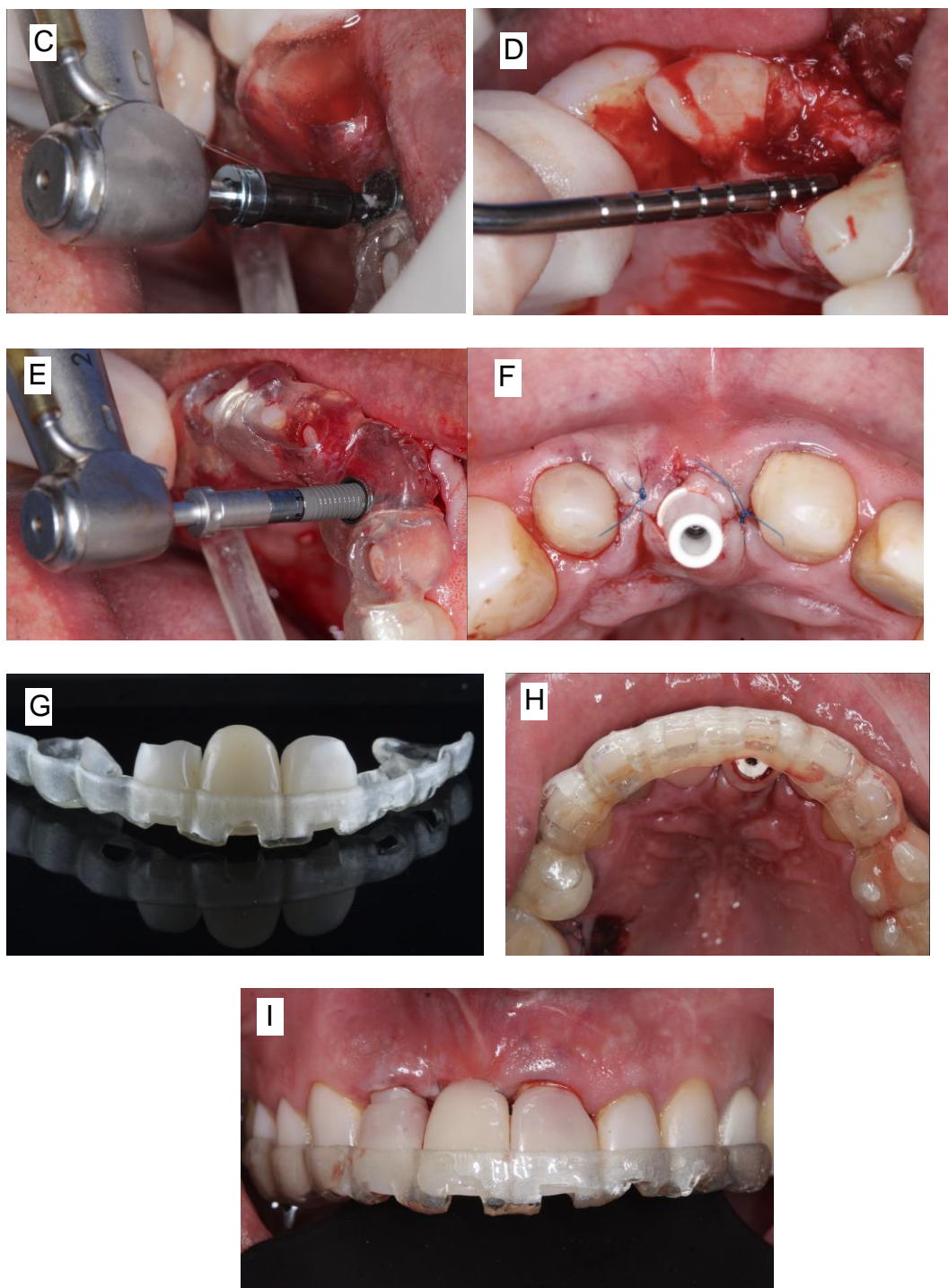


Figura 9: A – Asentamiento de la guía quirúrgico. B- Abordaje Quirúrgico. C- Fresado con Bandeja EasyGuide (Neodent ® Curitiba, Brasil). D-Sonda de profundidad para verificación de lecho quirúrgico. E - Inserción de implante Neodent Helix GM Aqua (Neodent ® Curitiba, Brasil) F - Implante posicionado con pilar PEEK (Neodent ® Curitiba, Brasil). G- guía de posicionamiento de los temporales H - guía de posicionamiento y temporales en boca (vista oclusal). I- guía de posicionamiento y temporales en boca (vista vestibular)

Exactitud y precisión

La evidencia soporta que el grado de precisión obtenido con la cirugía guiada, es mayor que con la cirugía a mano alzada(1), adicionalmente, se demostró que el grado de precisión es aceptable en el posicionamiento del implante por parte de personal inexperto (Singthong et al., 2011.), sin embargo, a pesar de los beneficios de la cirugía de implantes guiada por computadora, evaluar los espacios edéntulos pues los extremos libres presentan menor grado de precisión (21).

Cristache et. al. y Derksen et. al. Demostraron que la desviación angular es mayor en mandíbula que en maxilar con valores promedio de 2,3 y 2,8 en cada estudio, respectivamente. La desviación coronal no sobrepasaba el milímetro enninguno de los dos estudios y la desviación apical tuvo valores mínimos de 0,9 en mandíbula y valores máximos de 1,3 en el estudio de Cristanche (21).

Complicaciones

Los errores presentados durante la adquisición de imágenes se desencadenarán en complicaciones quirúrgicas. La elección de los materiales de impresión, técnicas de impresión, materiales y técnicas de vaciado, elección del tomógrafo y la manipulación y calibración del mismo; son puntos clave donde pueden generarse errores(22). Si los archivos son adecuados, las imprecisiones del emparejamiento rondan los 0,14mm(7). Una fuente importante de error en la colocación de implantes se relaciona con el posicionamiento tridimensional adecuado de la guía en la boca de los pacientes y asociado a esto la fractura de la guía está reportado como una complicación frecuente (22). El conocimiento de la planeación es importante para la ejecución del protocolo de fresado y adicionalmente la fresa debe usarse en posición céntrica y paralelo a la pared interna de la anilla (22). Por último, pese a que no hay diferencias estadísticamente significativas, la evidencia sugiere que hay un aumento de calor durante de las

osteotomías ejecutadas con cirugía guiada debido al bloqueo de la irrigación por la guía quirúrgica (7,22).

DISCUSIÓN

La razón que impulsó la realización de la presente revisión radica en la intención de desarrollar un esquema accesible y comprensible para aquellos que están dando sus primeros pasos en el ámbito de la implantología guiada. A medida que se realizó esta revisión exhaustiva, se identificaron diversos aspectos que se consideran relevantes y que vale la pena resaltar. En primer lugar, es importante reconocer que cada paso del flujo es indispensable para el resultado exitoso del mismo; los detalles técnicos durante la toma del CBCT son esenciales para obtener datos adecuados para la segmentación, tales como la reducción del ruido, la apertura de la boca, la retracción de los tejidos blandos y el retiro de elementos intraorales removibles (15), durante el escaneo intraoral, factores como la calibración del escaner y la habilidad del clínico pueden afectar en la obtención de imágenes aptas (23). La importación de datos en el software de planificación y su subsiguiente alineación no solo se ve influida por la calidad intrínseca de los archivos, sino que también depende significativamente de la intuición del software en uso y de la destreza del usuario. En este proceso, la efectividad y precisión de la transferencia de datos están intrínsecamente vinculadas a la capacidad del programa para interpretar y adaptarse a la estructura de los archivos importados. Además, la habilidad y destreza del usuario desempeñan un papel crucial al navegar a través de las opciones del software y ajustar cualquier discrepancia que pueda surgir durante la importación. De esta manera, se destaca la relevancia de contar tanto con archivos de alta calidad como con la competencia del usuario y la capacidad del software para lograr una integración fluida y precisa de los datos en el proceso de planificación (24). En relación con la ubicación del implante, resulta fundamental tener en cuenta la planificación protésica con el fin de establecer un protocolo de planificación inversa (25). Es

preciso reconocer que, cuando se cuente con una cantidad más que adecuada de tejido óseo, puede ser posible dar por sentada la proyección protésica, lo que podría conducir a errores que se manifestarán claramente durante el proceso de rehabilitación. Por lo tanto, es imperativo abordar esta etapa con precaución y considerar minuciosamente la planificación protésica, evitando así posibles complicaciones que podrían surgir en la fase de rehabilitación. La impresión de la guía quirúrgica, y en particular, su procesamiento posterior al curado, ha adquirido una relevancia significativa en la prevención de errores en la cirugía guiada. Es esencial considerar detenidamente aspectos como la calibración, la limpieza e incluso el almacenamiento de la guía, ya que estos elementos desempeñan un papel crucial en el éxito del procedimiento. Cada fase, desde la impresión hasta la manipulación posterior, requiere una atención meticulosa para garantizar la precisión y la eficacia de la guía quirúrgica en el contexto de la cirugía guiada (26). Cuando llega el momento quirúrgico, el primer paso crítico consiste en el asentamiento de la guía. La presencia de dientes temporales, tratamientos ortodónticos, y la elección entre fijación dento, mucosa, óseosoportada o mixta son aspectos de suma importancia. En este momento crucial radica la clave para alcanzar el éxito quirúrgico, ya que la correcta consideración de estos elementos contribuye de manera significativa al resultado final del procedimiento (27). Con todos los puntos anteriores en mente, se vuelve evidente entender que, a pesar de las facilidades que ofrece la cirugía guiada al operador, la verdadera destreza radica en su habilidad para identificar y comprender cualquier tipo de fallo en cualquiera de los momentos críticos, especialmente durante el procedimiento quirúrgico. La atención meticulosa a los detalles y la capacidad de adaptación a situaciones imprevistas son elementos esenciales que, en última instancia, determinarán el éxito y la eficacia de la cirugía guiada. En este sentido, la experiencia y pericia del operador desempeñan un papel fundamental en la optimización de los resultados finales.

CONCLUSIONES

El presente trabajo proporciona una introducción inicial dirigida a los profesionales clínicos que están incursionando por primera vez en el campo de la implantología guiada. A partir de la información recopilada, se puede deducir que para la ejecución de la cirugía de implantes guiada es imprescindible, la adquisición de imágenes de calidad, para poder efectuar un emparejamiento adecuado dentro del software de planeación. Factores como la zona edéntula, apertura oral, tipo de bandeja y soporte de la guía pueden afectar la ejecución de la cirugía guiada, así como el resultado y la precisión de la misma. Es importante que el clínico tenga la habilidad de reconocer una falla en el proceso para evitar complicaciones y fracasos posteriores. Pese a que está demostrado que la cirugía guiada provee un alto grado de precisión incluso para operadores inexpertos, el conocimiento del plan y el manejo de la bandeja quirúrgica son absolutamente necesarios para la ejecución del procedimiento quirúrgico.

REFERENCIAS

1. Araujo-Corchado E, Pardal-Peláez B. Computer-Guided Surgery for Dental Implant Placement: A Systematic Review. *Prosthesis*. 2022 Dec 1;4(4):540–53.
2. Lin CC, Wu CZ, Huang MS, Huang CF, Cheng HC, Wang DP. Fully digital workflow for planning static guided implant surgery: A prospective accuracy study. *J Clin Med*. 2020 Apr 1;9(4).
3. Siqueira R, Chen Z, Galli M, Saleh I, Wang HL, Chan HL. Does a fully digital workflow improve the accuracy of computer-assisted implant surgery in partially edentulous patients? A systematic review of clinical trials. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2020 Dec 1;22(6):660–71.
4. Tallarico M, Galiffi D, Scrascia R, Gualandri M, Zadrozny Ł, Czajkowska M, et al. Digital Workflow for Prosthetically Driven Implants Placement and Digital Cross Mounting: A Retrospective Case Series. *Prosthesis*. 2022 Sep 1;4(3):353–68.
5. Orentlicher G, Abboud M. Guided Surgery for Implant Therapy. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2011 May;23(2):239–56.

6. Dioguardi M, Spirito F, Quarta C, Sovereto D, Basile E, Ballini A, et al. Guided Dental Implant Surgery: Systematic Review. *J Clin Med*. 2023 Feb 1;12(4).
7. Kniha K, Schlegel KA, Kniha H. Clinical Preparation for Guided Surgery and Medical Imaging (Different Workflows, Data Matching, and Segmentation). In: *Guided Surgery in Implantology* Springer. 2021. p. 9–21.
8. Szilvsi-Nagy M, Mátyási G. Analysis of STL Files. *Math Comput Model*. 2003;38(7–9):945–60.
9. Graham RNJ, Perriss RW, Scarsbrook AF. DICOM demystified: A review of digital file formats and their use in radiological practice. *Clin Radiol*. 2005 Nov;60(11):1133–40.
10. Kim IH, Singer SR, Mupparapu M. Review of cone beam computed tomography guidelines in North America. *Quintessence Int* [Internet]. 2019;50(2):136–45. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30411089>
11. Mchenry K, Bajcsy P. An Overview of 3D Data Content, File Formats and Viewers. National Center for Supercomputing Applications. 2008;
12. Shaheen E, Khalil W, Ezeldeen M, Van de Casteele E, Sun Y, Politis C, et al. Accuracy of segmentation of tooth structures using 3 different CBCT machines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2017 Jan 1;123(1):123–8.
13. 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):1157–63.
14. Arcuri L, De Vico G, Ottria L, Condò R, Cerroni L, Mancini M, et al. Smart fusion vs. Double scan: A comparison between two data-matching protocols for a computer guided implant planning. *Clinica Terapeutica*. 2016;167(3):55–62.
15. Tatakis DN, Chien HH, Parashis AO. Guided implant surgery risks and their prevention. Vol. 81, *Periodontology* 2000. Blackwell Munksgaard; 2019. p. 194–208.
16. Rothlauf S, Pieralli S, Wesemann C, Burkhardt F, Vach K, Kernen F, et al. Influence of planning software and template design on the accuracy of static computer assisted implant surgery performed using guides fabricated with material extrusion technology: An in vitro study. *J Dent*. 2023 May 1;132.
17. Melchels FPW, Feijen J, Grijpma DW. A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. Vol. 31, *Biomaterials*. 2010. p. 6121–30.
18. Sanz M, Schwarz F, Herrera D, McClain P, Figuero E, Molina A, et al. Importance of keratinized mucosa around dental implants: Consensus report of group 1 of the DGI/SEPA/Osteology Workshop. Vol. 33, *Clinical Oral Implants Research*. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 47–55.

19. Romandini M, Ruales-Carrera E, Sadilina S, Hämmerle CHF, Sanz M. Minimal invasiveness at dental implant placement: A systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery. Vol. 91, *Periodontology 2000*. John Wiley and Sons Inc; 2023. p. 89–112.
20. Raabe C, Schuetz TS, Chappuis V, Yilmaz B, Abou-Ayash S, Couso-Queiruga E. Accuracy of keyless vs drill-key implant systems for static computer-assisted implant surgery using two guide-hole designs compared to freehand implant placement: an in vitro study. *Int J Implant Dent*. 2023 Feb 7;9(1):4.
21. Putra RH, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res*. 2022;66(1):29–39.
22. Chackartchi T, Romanos GE, Parkanyi L, Schwarz F, Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. Vol. 88, *Periodontology 2000*. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 64–72.
23. Oh KC, Park JM, Moon HS. Effects of Scanning Strategy and Scanner Type on the Accuracy of Intraoral Scans: A New Approach for Assessing the Accuracy of Scanned Data. *Journal of Prosthodontics*. 2020 Jul 1;29(6):518–23.
24. Mangano FG, Admakin O, Lerner H, Mangano C. Artificial intelligence and augmented reality for guided implant surgery planning: A proof of concept. *J Dent*. 2023 Jun 1;133.
25. Lanis A, Llorens P, Álvarez del Cano O. Selecting the appropriate digital planning pathway for computer-guided implant surgery. *Int J Comput Dent*. 2017;20(1):75–85.
26. Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, Stefanelli L V., Cavallini C. The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in implant guided surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013 Feb;42(2):264–75.
27. 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. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*. 2018 Mar 1;18(1):28–40.
28. Ramani RS, Bennani V, Aarts JM, Choi JJE, Brunton PA. Patient satisfaction with esthetics, phonetics, and function following implant-supported fixed restorative treatment in the esthetic zone: A systematic review. Vol. 32, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. Blackwell Publishing Ltd; 2020. p. 662–72.
29. Tatakis DN, Chien HH, Parashis AO. Guided implant surgery risks and their prevention. *Periodontol 2000*. 2019;81(1):194–208.
30. Edher F, Rawal S, Jivraj S. Digital Workflows in Full Arch Implant Prosthodontics. In Springer International Publishing; 2023. p. 101–16.

31. 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*. 2012 Apr;83(4):410–9.
32. Cattoni F, Teté G, Calloni AM, Manazza F, Gastaldi G, Capparè P. Milled versus moulded mock-ups based on the superimposition of 3D meshes from digital oral impressions: A comparative in vitro study in the aesthetic area. *BMC Oral Health*. 2019 Oct 29;19(1).
33. Chisnoiu AM, Staicu AC, Kui A, Chisnoiu RM, Iacob S, Flueraşu M, et al. Smile Design and Treatment Planning—Conventional versus Digital—A Pilot Study. *J Pers Med*. 2023 Jul 1;13(7).
34. Cattoni F, Chirico L, Merlone A, Manacorda M, Vinci R, Gherlone EF. Digital smile designed computer-aided surgery versus traditional workflow in “all on four” rehabilitations: A randomized clinical trial with 4-years follow-up. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Apr 1;18(7).

2 Artículo científico 2

FLUJO PARCIALMENTE DIGITAL PARA REHABILITACIÓN CERÁMICA DE ARCADA COMPLETA CON CARGA INMEDIATA. REPORTE DE CASO.

Lina Camila Arenaza Leal¹
 Rubens Moreno de Freitas²
 Erton Massamitsu Miyasawa²
 Sergio Rocha Bernardes²

¹ Odontóloga - Periodoncista, Estudiante de Maestría en Odontología con área de concentración en Implantología, Faculdade ILAPEO, Curitiba/PR, Brazil

² Profesor de Posgrado, Maestría y Doctorado, Faculdade ILAPEO, Curitiba/PR, Brazil

RESUMEN

Introducción: La rehabilitación de arcadas completas mediante implantes ha ganado relevancia en la odontología contemporánea. Con el avance de las tecnologías digitales, la proyección protésica no solo guía la intervención quirúrgica, sino que también mejora la predictibilidad de los resultados. Este reporte tiene como objetivo describir el proceso de una cirugía de arcada total con carga inmediata, utilizando un flujo parcialmente digital. **Reporte de caso:** Paciente femenina de 58 años sometida a tratamiento con implantes para arcada completa superior. Se adopta un enfoque híbrido con planificación digital, pero se resuelven alteraciones protésicas de manera analógica. **Conclusiones:** la descripción de este caso permite concluir que a utilización del flujo digital emerge como una opción viable para el tratamiento de rehabilitaciones de arcadas totales con implantes dentales, siempre y cuando se sigan de manera rigurosa los procesos de diagnóstico, planificación y ejecución del tratamiento.

Palabras-clave: Arcada Edéntula.; Implantes Dentales.; Prótesis dental.; Carga Inmediata del Implante Dental.; Cirugía Asistida por Computador

ABSTRACT

Introduction: Full arch rehabilitation using implants has gained relevance in contemporary dentistry. With the advancement of digital technologies, prosthetic projection not only guides the surgical intervention, but also improves the predictability of results. This study aims to describe the process of a total arch surgery with immediate loading, using a partially digital flow. **Case report:** 58-year-old female patient undergoing treatment with implants for upper full arch. A hybrid approach is adopted with digital planning, but prosthetic alterations are resolved in an analog manner. **Conclusions:** The description of this case allows us to conclude that the use of digital flow emerges as a viable option for the treatment of full arch rehabilitation with dental implants, as long as the diagnosis, planning and execution of the treatment processes are rigorously followed.

Keywords: Jaw, Edentulous.; Dental, implants.; Dental, prostheses.; Immediate dental implant Loading.; Surgery, Computed Assited.

INTRODUCCIÓN

La implantología emerge como una estrategia prominente en la rehabilitación de arcos dentales desdentados. Con frecuencia, nos enfrentamos a la situación clínica donde pacientes parcialmente edéntulos transitan hacia una rehabilitación de arco completo. Esta transición se atribuye, en gran medida, a las exigencias estéticas de los pacientes, las cuales, en muchas ocasiones, resultan inalcanzables mediante una rehabilitación que conserva sus estructuras dentales naturales (28)

La convergencia compleja entre las necesidades estéticas y funcionales impulsa la preferencia por enfoques más integrales, como la implantología, que busca no solo restaurar la función oral, sino también satisfacer los requisitos estéticos más refinados de la población paciente (28). Este fenómeno subraya la importancia de abordar no solo la salud bucal, sino también la percepción estética del individuo en el marco de las decisiones de tratamiento en la rehabilitación de arcos dentales.

La introducción de soluciones informáticas destinadas a la integración de datos procedentes de diversas herramientas de imágenes tridimensionales ha significado un avance notorio en el campo de la planificación de tratamientos con implantes virtuales. Este progreso tecnológico no solo implica una mayor precisión en la visualización de las estructuras anatómicas circundantes, sino que también permite una consideración más integral de los requisitos protésicos y de las especificidades individuales de los pacientes(29).

El balance logrado entre el tratamiento quirúrgico y protésico, se establece desde el momento de la valoración y del proceso de adquisición de imágenes; donde la información obtenida

nunca es poca y se debe apoyar el proceso de planeación con todas las estrategias que se pueda, como lo son fotografías, videos, escaneo facial, intraoral, entre otros(30).

Aunque la mayoría de la literatura se centra en los resultados biológicos y clínicos como aspectos de suma importancia, es crucial destacar que, en la práctica clínica diaria, la satisfacción del paciente ejerce una influencia significativa. Estos elementos son subjetivos y han sido especialmente abordados en la literatura en ámbitos como la estética, la fonética y los componentes funcionales (28).

En la actualidad la mayoría de artículos evaluando los abordajes guiados de arcadas completas y los riesgos de estas, se enfocan en la desviación de la posición final del implante respecto a la planeada dentro del software de planificación, el discomfort intra y postoperatorio del paciente, el tiempo de intervención y fractura de la prótesis (en cargas inmediatas) (22,29,31) Sin embargo, un factor importante a considerar es la anatomía del paciente que no solo puede llevar a tener complicaciones quirúrgicas sino también protésicas por fallos en la proyección inicial. Este reporte tiene como objetivo describir el proceso de una cirugía de arcada total con carga inmediata, utilizando un flujo parcialmente digital.

REPORTE DE CASO

Paciente Femenina de 58 años de edad sin antecedentes médicos de importancia que asiste a consulta solicitando rehabilitación de arco superior con el fin de mejorar su estética y función, se realiza valoración y diagnóstico individual y general de su condición de salud oral que resulta en la propuesta de una rehabilitación de arco completo implanto – soportada.

Se realizó la toma de fotografías intraorales y extraorales (Figura 1 y 2); se procedió a realizar el análisis de la exposición dental en reposo y en sonrisa, así como el estudio de la dimensión vertical, debido a una disminución significativa de dicha dimensión se procedió a elaborar un “jig” para direccionar al laboratorio, realizando también una marcación en la

exposición en sonrisa, con el fin de simular la zona de transición (Figura 3). Una vez el Jig se encontraba adecuado, se procedió a realizar el escaneo intraoral de la paciente (Hardware y software VirtuoVivo™ Straumann® Basilea, Suiza.) con el que se obtuvieron los archivos STL (Figura 4); de igual manera se solicitó una tomografía que fue realizada con el tomógrafo Galileos (Sirona, Bensheim, Alemania), obteniendo así los archivos DICOM (Figura 5).

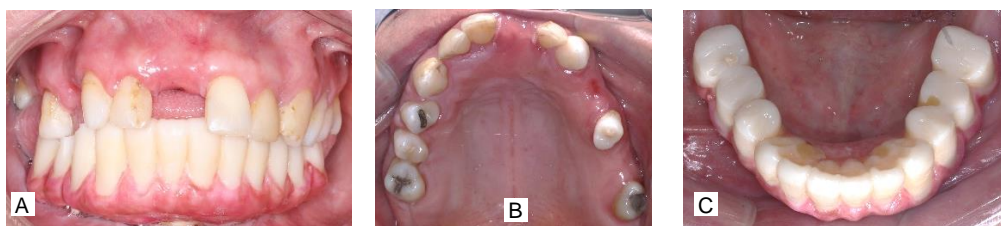


Figura 1: Fotografías intraorales A: Frente oclusión. B: Arco superior. C: Arco inferior



Figura 2: Fotografías extraorales A: Frente. B: Sonrisa. C: Perfil

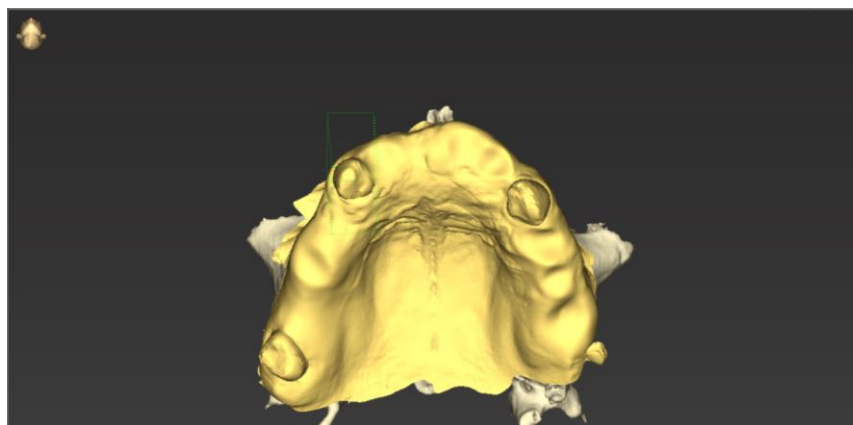


Figura 3: STL con las exodoncias realizadas.



Figura 4: Segmentación archivos DICOM



Figura 5: Jig en posición y marcación de exposición en sonrisa.

Posteriormente se importaron al software de planeación protésica, Exocad DentalCAD (exocad GmbH) los archivos STL y las fotografías de la paciente, mediante el cual se realizó el encerado digital (Figura 6). Una vez aprobado el diseño del encerado se procedió a realizar la exportación del STL del encerado y se procedió a subir todos los archivos; STL inicial, con exodoncias y encerado, así como los archivos DICOM en el software de planeación quirúrgica (CodiagnostiX® Straumann® Basilea, Suiza).

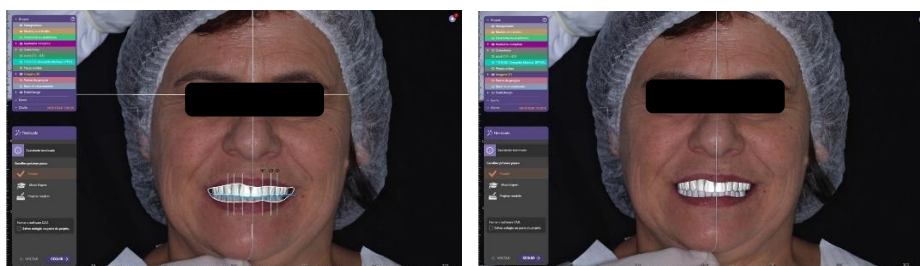


Figura 6: Encerado de la paciente

Una vez se importaron los archivos, se procedió a ajustar las coordenadas del paciente, marcar la curva panorámica, segmentar el DICOM, emparejar los archivos STL, colocar virtualmente los implantes y los aditamentos (Figura 7) siguiendo el archivo del encerado con el fin de dejarlos en la posición más óptima teniendo en cuenta la proyección protésica y estética dental y facial de la paciente. Basados en esta planeación y con el fin de contar con una guía con alta estabilidad, se generaron unas exodoncias estratégicas para soportar la guía quirúrgica y se procedió al diseño y exportación de la misma (Figura 8).

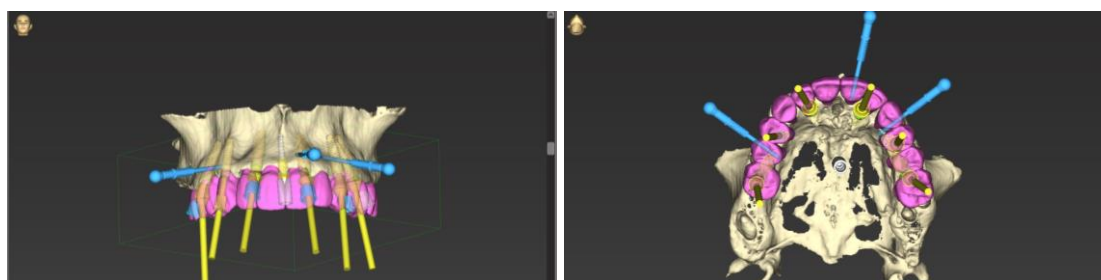


Figura 7: Proyección implantes y aditamentos

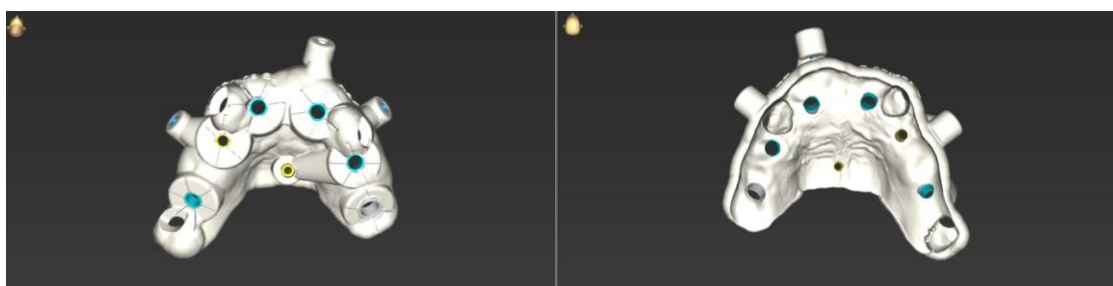


Figura 8: Guía quirúrgica dentro del software de planeación

Paso seguido se procedió a realizar el procedimiento quirúrgico, realizando las exodoncias, asentando y fijando la guía quirúrgica (Figura 10), se inició el protocolo de fresado para la colocación de seis implantes (Neodent Helix GM Acqua (Neodent ® Curitiba, Brasil)

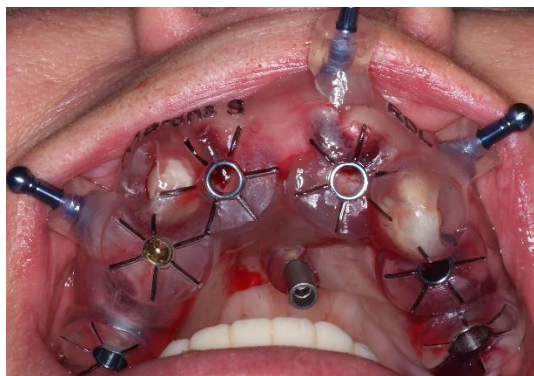


Figura 10: Guía quirúrgica asentada

Se realizó la inserción de seis implantes, cinco de ellos GM Helix Neodent y uno de ellos GM Narrow Helix Neodent, todos con torque mayor a 30 Ncm, por lo que se procedió con la selección de aditamentos acorde a la guía multifuncional y la proyección protésica digital y se procedió a tomar impresión análoga (Figura 11)

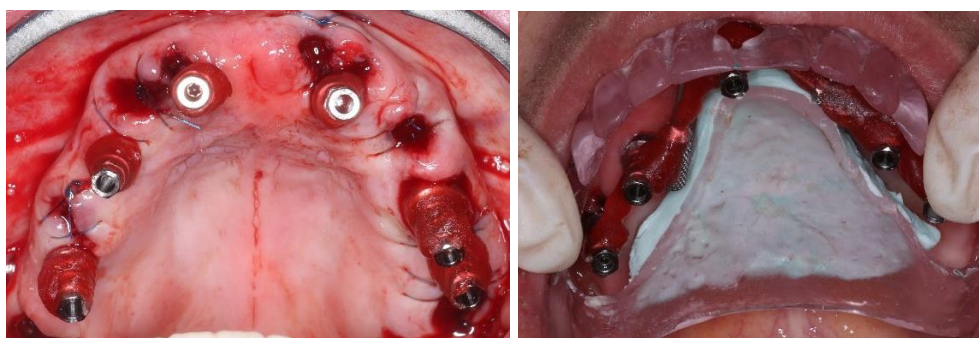


Figura 11: Minipilares con transfer en posición y estabilización de guía multifuncional para toma de impresión.

Durante la prueba de la guía multifuncional fue evidente la exposición en sonrisa de la paciente, se solicitó provisional fresado según el encerado previo en polimetilmetacrilato (PMMA) y 24 horas después se probaron los temporales (Figura 12) en esta prueba fue notable la gran exposición dental de la paciente, la ausencia de selle labial, aparte del descontento estético de la paciente.



Figura 12: Prueba de temporales.

Con base en la evidencia clínica del caso, se tomó la decisión de ajustar el enfoque protésico para la paciente. Se implementaron modificaciones en los minipilares seleccionados, ajustándose angulaciones y alturas transmucosas. Se procedió a tomar una nueva impresión y se solicitó un ajuste más preciso de los temporales para lograr la apariencia de dientes naturales que emergen de la encía. Además, se solicitó reemplazar la prótesis temporal inferior, inicialmente diseñada para ocluir con los dientes naturales superiores con malposiciones, con el objetivo de mejorar el equilibrio en la distribución del espacio oclusal (Figura 13), de esta manera se logró sortear la estética de la prótesis.



Figura 13: Temporales en PMMA corregidos, adecuándose mejor a la estética facial

DISCUSIÓN

Los flujos totalmente digitales, si bien ofrecen beneficios en términos de eficiencia y precisión, también conllevan riesgos sustanciales derivados de la proyección inicial. Estos riesgos pueden dar lugar a errores acumulativos que comprometen la posición adecuada de los implantes en relación con el resultado protésico deseado (29). Es importante subrayar que, si bien es cierto que los errores en la posición final de los implantes pueden surgir debido a fallas en la ejecución de la cirugía, es imperativo comprender que incluso si el posicionamiento quirúrgico final se asemeja a la planificación inicial, si la proyección protésica digital subyacente está equivocada, el resultado no alcanzará el nivel deseado. Por lo tanto, se destaca la necesidad de una cuidadosa revisión y validación de la proyección protésica digital en el proceso, para garantizar una alineación precisa entre la planificación y la ejecución quirúrgica, optimizando así el resultado final del tratamiento.

Cattoni y colaboradores, en un estudio sobre mock-ups de carillas en el sector anterior, atribuyen los errores en la planificación digital a fallas en la superposición de las mallas, así como la selección de las fotografías utilizadas para el diseño digital (32).

Por su parte Chisnoiu y colaboradores en 2023, analizaron la satisfacción del paciente en resultados protésicos digitales versus análogos y concluyen que pese a que no hay diferencias estadísticamente significativas, existe una tendencia mayor por el flujo analógico en términos de satisfacción estética del paciente (33).

Sin embargo, es importante destacar que la adopción del flujo digital en odontología ha demostrado concretos beneficios, incluyendo una mejora significativa en la comodidad del paciente y la reducción sustancial de los tiempos quirúrgicos, entre otros aspectos positivos (30). Un estudio relevante en este contexto es el llevado a cabo por Cattoni y colaboradores en 2021, que se centró en rehabilitaciones digitales de arcadas completas con un seguimiento a lo largo de cuatro años(34).

Los resultados de dicho estudio respaldan la validez del enfoque terapéutico mediante un protocolo digital para la rehabilitación de arcadas completas. No obstante, es esencial destacar que, a pesar de estos avances, los investigadores enfatizan la necesidad de no subestimar las dificultades asociadas al diseño digital. Subrayan la importancia de contar con un amplio conocimiento y maestría en áreas críticas como la anatomía topográfica, interpretación de imágenes radiográficas, y las técnicas quirúrgicas y protésicas. Este énfasis resalta la importancia de un abordaje integral y especializado para garantizar el éxito y la efectividad del protocolo digital en la rehabilitación oral, subrayando así la complejidad y el nivel de experticia requerido para obtener resultados óptimos en este ámbito (34).

CONCLUSIÓN

La descripción de este caso permite concluir que la utilización del flujo digital emerge como una opción viable para el tratamiento de rehabilitaciones de arcadas totales con implantes dentales, siempre y cuando se sigan de manera rigurosa los procesos de diagnóstico, planificación y ejecución del tratamiento.

REFERENCIAS

1. Araujo-Corchado E, Pardal-Peláez B. Computer-Guided Surgery for Dental Implant Placement: A Systematic Review. *Prosthesis*. 2022 Dec 1;4(4):540–53.
2. Lin CC, Wu CZ, Huang MS, Huang CF, Cheng HC, Wang DP. Fully digital workflow for planning static guided implant surgery: A prospective accuracy study. *J Clin Med*. 2020 Apr 1;9(4).
3. Siqueira R, Chen Z, Galli M, Saleh I, Wang HL, Chan HL. Does a fully digital workflow improve the accuracy of computer-assisted implant surgery in partially edentulous patients? A systematic review of clinical trials. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2020 Dec 1;22(6):660–71.
4. Tallarico M, Galiffi D, Scrasecia R, Gualandri M, Zadrożny Ł, Czajkowska M, et al. Digital Workflow for Prosthetically Driven Implants Placement and Digital Cross Mounting: A Retrospective Case Series. *Prosthesis*. 2022 Sep 1;4(3):353–68.

5. Orentlicher G, Abboud M. Guided Surgery for Implant Therapy. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2011 May;23(2):239–56.
6. Dioguardi M, Spirito F, Quarta C, Sovereto D, Basile E, Ballini A, et al. Guided Dental Implant Surgery: Systematic Review. *J Clin Med.* 2023 Feb 1;12(4).
7. Kniha K, Schlegel KA, Kniha H. Clinical Preparation for Guided Surgery and Medical Imaging (Different Workflows, Data Matching, and Segmentation). In: *Guided Surgery in Implantology* Springer. 2021. p. 9–21.
8. Szilvsi-Nagy M, Mátyási G. Analysis of STL Files. *Math Comput Model.* 2003;38(7–9):945–60.
9. Graham RNJ, Perriss RW, Scarsbrook AF. DICOM demystified: A review of digital file formats and their use in radiological practice. *Clin Radiol.* 2005 Nov;60(11):1133–40.
10. Kim IH, Singer SR, Mupparapu M. Review of cone beam computed tomography guidelines in North America. *Quintessence Int [Internet].* 2019;50(2):136–45. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30411089>
11. Mchenry K, Bajcsy P. An Overview of 3D Data Content, File Formats and Viewers. National Center for Supercomputing Applications. 2008;
12. Shaheen E, Khalil W, Ezeldeen M, Van de Castele E, Sun Y, Politis C, et al. Accuracy of segmentation of tooth structures using 3 different CBCT machines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017 Jan 1;123(1):123–8.
13. 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):1157–63.
14. Arcuri L, De Vico G, Ottria L, Condò R, Cerroni L, Mancini M, et al. Smart fusion vs. Double scan: A comparison between two data-matching protocols for a computer guided implant planning. *Clinica Terapeutica.* 2016;167(3):55–62.
15. Tatakis DN, Chien HH, Parashis AO. Guided implant surgery risks and their prevention. Vol. 81, *Periodontology* 2000. Blackwell Munksgaard; 2019. p. 194–208.
16. Rothlauf S, Pieralli S, Wesemann C, Burkhardt F, Vach K, Kernen F, et al. Influence of planning software and template design on the accuracy of static computer assisted implant surgery performed using guides fabricated with material extrusion technology: An in vitro study. *J Dent.* 2023 May 1;132.
17. Melchels FPW, Feijen J, Grijpma DW. A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. Vol. 31, *Biomaterials.* 2010. p. 6121–30.
18. Sanz M, Schwarz F, Herrera D, McClain P, Figuero E, Molina A, et al. Importance of keratinized mucosa around dental implants: Consensus report of group 1 of the DGI/SEPA/Osteology Workshop. Vol. 33, *Clinical Oral Implants Research.* John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 47–55.

19. Romandini M, Ruales-Carrera E, Sadilina S, Hämmerle CHF, Sanz M. Minimal invasiveness at dental implant placement: A systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery. Vol. 91, *Periodontology* 2000. John Wiley and Sons Inc; 2023. p. 89–112.
20. Raabe C, Schuetz TS, Chappuis V, Yilmaz B, Abou-Ayash S, Couso-Queiruga E. Accuracy of keyless vs drill-key implant systems for static computer-assisted implant surgery using two guide-hole designs compared to freehand implant placement: an in vitro study. *Int J Implant Dent*. 2023 Feb 7;9(1):4.
21. Putra RH, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res*. 2022;66(1):29–39.
22. Chackartchi T, Romanos GE, Parkanyi L, Schwarz F, Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. Vol. 88, *Periodontology* 2000. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 64–72.
23. Oh KC, Park JM, Moon HS. Effects of Scanning Strategy and Scanner Type on the Accuracy of Intraoral Scans: A New Approach for Assessing the Accuracy of Scanned Data. *Journal of Prosthodontics*. 2020 Jul 1;29(6):518–23.
24. Mangano FG, Admakin O, Lerner H, Mangano C. Artificial intelligence and augmented reality for guided implant surgery planning: A proof of concept. *J Dent*. 2023 Jun 1;133.
25. Lanis A, Llorens P, Álvarez del Cano O. Selecting the appropriate digital planning pathway for computer-guided implant surgery. *Int J Comput Dent*. 2017;20(1):75–85.
26. Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, Stefanelli L V., Cavallini C. The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in implant guided surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013 Feb;42(2):264–75.
27. 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. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*. 2018 Mar 1;18(1):28–40.
28. Ramani RS, Bennani V, Aarts JM, Choi JJE, Brunton PA. Patient satisfaction with esthetics, phonetics, and function following implant-supported fixed restorative treatment in the esthetic zone: A systematic review. Vol. 32, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. Blackwell Publishing Ltd; 2020. p. 662–72.
29. Tatakis DN, Chien HH, Parashis AO. Guided implant surgery risks and their prevention. *Periodontol* 2000. 2019;81(1):194–208.
30. Edher F, Rawal S, Jivraj S. Digital Workflows in Full Arch Implant Prosthodontics. In Springer International Publishing; 2023. p. 101–16.
31. 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*. 2012 Apr;83(4):410–9.

32. Cattoni F, Teté G, Calloni AM, Manazza F, Gastaldi G, Capparè P. Milled versus moulded mock-ups based on the superimposition of 3D meshes from digital oral impressions: A comparative in vitro study in the aesthetic area. *BMC Oral Health*. 2019 Oct 29;19(1).
33. Chisnoiu AM, Staicu AC, Kui A, Chisnoiu RM, Iacob S, Flueraşu M, et al. Smile Design and Treatment Planning—Conventional versus Digital—A Pilot Study. *J Pers Med*. 2023 Jul 1;13(7).
34. Cattoni F, Chirico L, Merlone A, Manacorda M, Vinci R, Gherlone EF. Digital smile designed computer-aided surgery versus traditional workflow in “all on four” rehabilitations: A randomized clinical trial with 4-years follow-up. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Apr 1;18(7).