



EVALUACIÓN TRIDIMENSIONAL DE LA PRECISIÓN EN EL POSICIONAMIENTO DE
UN IMPLANTE UNITARIO EN UN CASO REAL ASISTIDO POR UNA GUIA
QUIRÚRGICA ESTRICTA

Trabajo de Investigación
Requisito para optar al
Título de Especialista en
Implantología oral

Residentes: Ignacio Aliaga Arellano
Fernanda Hitschfeld Puglisevich
Rodrigo Morales Tapia

Docente guía: Dr. Rodrigo Bahamondes
Especialidad en implantología Oral y
Rehabilitación Oral

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN	4
MARCO TEÓRICO	5
GUIA QUIRURGICA	5
CLASIFICACIÓN DE LAS GUIAS	5
TÉCNICA TRADICIONAL.....	8
PROCESO DE FABRICACIÓN	9
FABRICACIÓN EN ACRÍLICO	10
FABRICACIÓN EN LÁMINAS AL VACÍO	10
LIMITACIONES.....	11
GUÍA DISEÑADA POR COMPUTADOR (CAD-CAM)	11
GUIA QUIRÚRGICA GENERADA POR COMPUTADORA (SISTEMA ABIERTO DE FABRICACIÓN)	12
PROCESO DE FABRICACIÓN	14
GUÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA (SISTEMA CERRADO DE FABRICACIÓN).....	15
VENTAJAS	16
DESVENTAJAS	16
PROCESO DE FABRICACIÓN	17
PRECISIÓN DE LOS SISTEMAS	17
METODOS DE CONTROL Y MEDICIÓN DE POSICIÓN DEL IMPLANTE	20
MÉTODO DIRECTO	20
MÉTODO INDIRECTO.....	20
MATERIALES Y MÉTODO	23
RESULTADOS	29
DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIÓN.....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

RESUMEN

En la literatura actual la planificación digital es definida como un método de alta precisión. Sin embargo, son pocos los estudios en la actualidad que nos permitan analizar la precisión de éstas en un mismo caso, comparándolo con los resultados de la planificación original. Incluso existen estudios donde se demuestra su fracaso. El objetivo de nuestro estudio es comparar el resultado clínico de un caso real con su planificación digital. En un paciente de implante del diente 3.5, fue utilizada un planificación digita y una guía quirúrgica. Luego de la oseointegración (6 meses), fue obtenido un modelo de transferencia. Del cual se obtuvieron 10 modelos in vitro para la colocación de los implantes. Los cuales utilizaron la misma guía quirúrgica estricta para la colocación de implantes bajo las mismas condiciones del paciente real. posteriormente todos los modelos fueron escaneados para obtener modelos digitales (STL) y así realizar la proyección de la posición tridimensional del implante según la técnica Keunbada son y cols 2019. La reproducibilidad se evaluó contrastando la posición digital ideal de la planificación, el STL del modelo post oseointegración y los STL de los grupos experimentales, se consideraron los siguientes parámetros: desviación lineal de la plataforma del implante (LP - mm), desviación lineal del ápice del implante (LA - mm), desviación angular del implante (A - grados), desviación vertical del ápice (VA - mm). Los resultados fueron analizados con un análisis de varianza con un $\alpha = 0,005$ y un test ANOVA. A modo de conclusión la utilización de una guía estricta no asegura que la ubicación va a ser igual a la planificación digital del implante. Según nuestros resultados existen rangos de variación lineal de la plataforma de (0.82mm); desviación lineal del ápice de (1.74 mm); desviación angular del implante (4.96°) y variación vertical del ápice (0.2mm) lo que indicaría que a pesar de utilizar una guía estricta pueden existir variaciones en la posición final del implante.

PALABRAS LLAVE: Guía estricta, Implante unitario, Planificación digital

INTRODUCCIÓN

La era digital en odontología es una realidad. La introducción de la tomografía computarizada (CBCT) en combinación con el uso de software dentales para el diseño de guías quirúrgicas llegó para revolucionar la planificación y la colocación de los implantes dentales. Todo esto permite lograr resultados con alta precisión y exactitud, lo que en la práctica se traduce en cirugías que se acercan casi en su totalidad a la planificación digital realizada. Si bien se han reportado ventajas significativas cuando el clínico utiliza la guía quirúrgica estricta, debemos considerar que todos los sistemas de guía pueden tener desviaciones las cuales se deben tomar en consideración para la práctica clínica. (1)

Inicialmente la técnica quirúrgica tradicional en la implantología consistía en no utilizar guía o utilizar guías que solo fueran referenciales, lo que hacía que los resultados no fueran precisos y que la posición dependiera mucho de la experiencia del clínico. Hoy en día las guías quirúrgicas estrictas, desarrolladas digitalmente mediante un software especializado, son una excelente alternativa para acercar la planificación digital al sitio quirúrgico, especialmente en las cirugías en qué debido a la complejidad del caso, a través de una técnica convencional no se habría logrado un resultado predecible (2).

En la literatura actual la planificación digital es definida como un método de alta precisión, esto es influenciado con la creencia popular de que por el solo hecho de ser digital, ésta debe dar resultados infalibles. Sin embargo, son pocos los estudios en la actualidad que nos permitan analizar la precisión de éstas en un mismo caso, comparándolo con los resultados de la planificación original. Incluso existen estudios donde se demuestra su fracaso (1).

El objetivo de nuestro estudio es comparar el resultado clínico de un caso real con su planificación, la cual fue previamente realizada mediante un software digital, para así analizar la precisión de la misma guía con metodología validada de medición indirecta en un modelo in vitro.

MARCO TEÓRICO

GUIA QUIRURGICA

La guía quirúrgica permite una cirugía mínimamente invasiva de manera predecible y segura, se define como una guía utilizada para asistir en la colocación quirúrgica adecuada de los implantes dentales (3). Su objetivo principal es dirigir la perforación del lecho implantológico y proporcionar una ubicación lo más precisa posible siguiendo la planificación digital.

Una guía quirúrgica estricta se compone de dos elementos: el cilindro guía y la superficie de contacto interna. La superficie de contacto encaja en una zona de fijación estable en el paciente (dientes en pacientes desdentados parciales o en el reborde alveolar en pacientes completamente desdentados). Los cilindros dentro de las guías ayudan a transferir la planificación al guiar la fresa en la ubicación y orientación exactas (4).

CLASIFICACIÓN DE LAS GUIAS

Las guías quirúrgicas pueden clasificarse de acuerdo a la limitación que presenten durante el momento de la preparación quirúrgica o de acuerdo a la técnica de fabricación.

De acuerdo con la limitación pueden ser: no restrictivas, semirrestrictiva o restrictivas. La no restrictiva le indica al cirujano la posición de los implantes en relación con la prótesis, impide mayor control sobre dirección o profundidad de fresado lo que puede ocasionar errores de angulación, falta de paralelismo o compromiso de estructuras anatómicas. El tipo semirrestrictiva incorpora un tubo guía que corresponde a la fresa inicial de la preparación, sin embargo, el cirujano debe continuar a mano alzada con el protocolo quirúrgico lo que también puede ocasionar complicaciones, mientras que la restrictiva limita las posiciones vestibular o lingual y posee topes de

profundidad lo que lleva a que las preparaciones serán exactas y de acuerdo con la planificación (5)

Las guías restrictivas y semirrestrictivas se obtienen a partir del duplicado de encerados o enfilados diagnósticos, pero también es posible utilizar prótesis preexistentes, si presentan similitud con la proyección protésica propuesta, en cualquier caso, se les debe incorporar marcadores radiopacos (6).

Otra clasificación relacionada a la técnica de fabricación permite dividir en dos tipos de guías: estáticas y dinámicas.

Un sistema estático utiliza un diseño asistido por computadora en un conebeam (CBCT) para crear guías que incorporan tubos metálicos, el cual utiliza un sistema quirúrgico con la respectiva instrumentación para colocar los implantes usando estos cilindros como guía, evitando que el implante cambie de posición con respecto a la planificación. (7)

Por otro lado, el sistema dinámico de navegación comienza con la fijación de los marcadores al arco. Se coloca un clip que contiene 3 marcadores metálicos en los dientes del paciente en un área que no se someterá a cirugía. Si se utilizará un plan estético, se pueden incluir dientes radio opacos en la boca como una guía de imagen para permitir una óptima colocación del implante virtual. La exploración CBCT debe tomarse con el clip en su lugar. El clip se puede quitar y almacenar para usar durante la cirugía. El conjunto de datos DICOM (Digital Imaging and Communication On Medicine) se carga en la computadora del sistema de navegación, luego se coloca el implante virtual en la posición deseada. El software es simple y requiere una experiencia informática mínima por parte del clínico. Los implantes se diseñan de manera genéricamente utilizando: el diámetro de la plataforma y el diámetro apical, así a medida que recorre la longitud del implante se generan incrementos de 0,1 mm en el diámetro de este, el cual puede orientarse según sea necesario (7).

Se recomienda una guía estática para casos edéntulos. La navegación dinámica requiere el registro de la mandíbula en el sistema de navegación, que actualmente no puede obtenerse ya que sería necesario utilizar marcadores intraóseos (7).

La navegación dinámica está indicada para cualquiera de los siguientes casos (7):

1. Colocación de implantes en pacientes con apertura bucal limitada.
2. Colocación del implante el mismo día de la exploración CBCT.
3. Colocación de implantes en lugares de difícil acceso, como el segundo molar.
4. Colocación de implantes cuando la visualización directa será difícil.
5. Colocación de implantes dentro de espacios internos dentales cuando no se pueden usar guías estáticas debido al tamaño del tubo.
6. Colocación de implantes adyacentes a dientes naturales en situaciones en las que los tubos de guía estática interferirán con la colocación ideal del implante.

A pesar de su alto costo y de requerir un proceso de planificación detallado y preciso, las guías CAD- CAM son consideradas el gold estándar debido a que son restrictivas, es decir, solo permiten el paso de fresas con un diámetro y longitud exactos, lo cual garantiza la seguridad del procedimiento, igualmente facilitan los procedimientos quirúrgicos, disminuyen el tiempo intraquirúrgico, son estables y permiten procedimientos menos invasivos (8).

Las condiciones ideales de colocación del implante, y que permiten las guías quirúrgicas estrictas, son (9):

- 1- Colocarse en una zona ideal la cual se encuentre tridimensionalmente cubierta completamente por hueso o material de reemplazo óseo.
- 2- Cuidado de no dañar las estructuras anatómicas vecinas. Estos son en particular el nervio mandibular en el caso de la mandíbula; la membrana

schneideriana del seno maxilar en el maxilar y finalmente las raíces de los dientes adyacentes.

3- Una ubicación para la rehabilitación ideal del implante (estético y funcional).

Existen tres técnicas comúnmente utilizadas para la fabricación de la guía quirúrgicas estáticas, que son:

- 1- Técnica tradicional (modelos de yeso)
- 2- Técnica computacional con estereolitografía (impresión 3D)
- 3- Diseño y fabricación asistida por computadora (CAD-CAM).

TÉCNICA TRADICIONAL

Este es el tipo de guía más común, originalmente se diseñó para establecer la relación entre la planificación y la anatomía del paciente, sin mucha precisión. Esta ha sufrido múltiples modificaciones, como la incorporación de tubos guías en los sitios de las perforaciones con diámetros correspondientes a la primera fresa, siendo considerada como una guía semirrestrictiva o semiestricta (10).

Algunas de las modificaciones que se pueden realizar en las guías son la eliminación de la porción vestibular o lingual / palatino de la zona de la preparación (guías de rielera) para mejorar la visibilidad, garantizar el paralelismo, y disminuir la fricción y mejorar la irrigación (11) o la incorporación de pines de paralelismo para orientar el posicionamiento de la fresa durante el procedimiento quirúrgico (12).

Estos dispositivos normalmente se elaboran a partir de una lámina de acetato termoplástico aplicada al vacío sobre un duplicado en yeso de la predeterminación protésica y reforzada con polimetil metacrilato (PMMA) transparente, pero existen materiales alternativos como la resina fotopolimerizable tipo Triad.

Para visualizar radiográficamente la proyección de los dientes en relación con el reborde óseo, se incorporan a la guía unos marcadores radiopacos en los sitios donde

irían los implantes; los más frecuentemente utilizados son balines y tubos metálicos, gutapercha y sulfato de bario (13), adicionalmente Zahran y Fenton (2010) (14) propusieron utilizar como marcador una silicona radiopaca (Vinil polixilosano) con el fin de identificar los contornos de la rehabilitación y su relación con el reborde óseo.

De los materiales radiopacos utilizados, los balines metálicos son los menos recomendados. Solo actúan como un marcador de posición sin indicar la trayectoria del futuro implante, mientras que los tubos metálicos y la gutapercha cumplen con la función de servir de posicionador y permitir determinar trayectorias (15).

En general se pueden utilizar distintos materiales, siendo el sulfato de bario, gutapercha y Temp bond los que presentan mejores niveles de radiopacidad en su función de marcador para la guía. (16)

Las principales ventajas de este tipo de guía son su bajo costo y facilidad de elaboración, pero presenta como desventaja la incapacidad para garantizar una buena estabilidad y precisión (17) además, la relación entre las estructuras anatómicas y la misma guía no es muy exacta (18).

Inicialmente, por las limitaciones imagenológicas, la planificación de la guía era realizada mediante radiografías panorámicas, debido a la distorsión en ubicación con respecto a las estructuras reales, se utilizaban sistemas de esferas y varillas de metal integradas, para lograr mediante una regla matemática (19) definir el factor de aumento y lograr, de la forma más exacta posible, la ubicación del implante en el hueso. (4). Este método en la actualidad no es un método confiable de diagnóstico y evaluación. (20)

PROCESO DE FABRICACIÓN

Se han reportado varios tipos de guías quirúrgicas en la literatura. Algunas están diseñadas para la colocación de un solo implante, mientras que otras presentan

diseños para prótesis fijas plurales, múltiples implantes (híbridas) y sobredentaduras. Algunas de las técnicas más utilizadas se explican brevemente a continuación.

FABRICACIÓN EN ACRÍLICO

Las impresiones de diagnóstico de los arcos dentarios se realizan con alginato, luego se obtiene un modelo, sobre el cual, se procede a la fabricación de un encerado diagnóstico. Posteriormente, se toma una impresión de silicona al modelo encerado, y se utiliza como un nuevo modelo. Se coloca una resina acrílica transparente, sobre el nuevo modelo y se cura. Los orificios de acceso se realizan para ubicar el punto de entrada ideal de la fresa inicial según la planificación realizada con el encerado. (21)(22)(23)

FABRICACIÓN EN LÁMINAS AL VACÍO

Otro método para fabricar una guía quirúrgica es a partir de plantillas formadas al vacío o láminas de poliacetato. Una vez obtenido el modelo de trabajo y completado el encerado de la restauración final, se realiza un duplicado en yeso. La plantilla, fabricada al vacío sobre éste, luego de su endurecimiento, se encaja en el modelo y se procede a rellenar las piezas dentarias ausentes con acrílico, además de utilizar una guía en base a algún material radiopaco (sulfato de bario, tira de plomo, gutapercha), el cual servirá de marcador. (24)(25)

Estos marcadores serán de ayuda para guiar la colocación del futuro implante, ya que podremos observar la angulación respecto al hueso subyacente. Para predefinir la posición y angulación del implante respecto al hueso disponible se utiliza los marcadores radiopacos, para, además, localizar la posición de las estructuras vitales y determinar las mejores angulaciones para el implante. Los marcadores radiopacos pueden ser colocados en un orificio creado a partir del futuro acceso del tornillo protésico, ubicado en la cara oclusal dentaria. Se pueden colocar marcadores

radiopacos en el centro de las caras oclusales, los cuales son correspondientes con los accesos de la fresa de implantes y los futuros tornillos protésicos. (26)

LIMITACIONES

Sus limitaciones son:

- 1- Estas guías quirúrgicas se fabrican en modelos de yeso, lo cual corresponde a una superficie rígida, la cual no permite conocer la resistencia de los tejidos blandos del paciente.
- 2- Los puntos de referencia anatómicos no se encuentran con precisión. Por lo tanto, hay más posibilidades de colocar mal los implantes durante su utilización (27)
- 3- Al tener una adaptación poco precisa a las estructuras orales, tiene menos estabilidad intraoperatoria (9).
- 4- El resultado final depende en gran parte de la habilidad clínica del operador, los tiempos quirúrgicos son más prolongados. (28)
- 5- Aunque las guías quirúrgicas convencionales permiten la colocación de implantes en una orientación ideal, no proporcionan una guía 3D exacta. (29)

GUÍA DISEÑADA POR COMPUTADOR (CAD-CAM)

El desarrollo de programas para manejar la información tomográfica permitió el surgimiento del concepto “Cirugía implantológica guiada por computador”, lo cual consiste en la realización precisa de un plan de tratamiento a partir de una tomografía axial computarizada y una predeterminación protésica, puesto que proporciona un

conocimiento casi exacto de la anatomía de la zona y la posibilidad de planificar la posición de los implantes, además, mediante la fabricación de dispositivos guía personalizados, permite protocolos mínimamente invasivos y rehabilitaciones precisas. (30)

Al igual que en los otros tipos de guías, se inicia por la planificación protésica, la cual es encerada y complementada con la información tomográfica, para elaborar un dispositivo que, anclado al hueso maxilar o a otras piezas dentarias, permite la inserción de los implantes y la instalación de la rehabilitación de forma precisa. (31)

Mediante la utilización de un software, la información es capturada por el escáner, luego se procesa para determinar las posiciones y dimensiones del implante en relación con los niveles óseos de anchura y altura. Esto va a permitir elaborar una guía que va a transferir al paciente de forma muy precisa la planificación implantológica (32) y proyectar, en el mismo momento, la rehabilitación protésica planeada. De esta forma, la técnica concede una visualización de las tres estructuras que son relevantes en la planeación: el hueso con los detalles anatómicos, los implantes proyectados y la rehabilitación propuesta. (33)

GUIA QUIRÚRGICA GENERADA POR COMPUTADORA (SISTEMA ABIERTO DE FABRICACIÓN)

Para superar las limitaciones asociadas con la guía quirúrgica convencional, se han desarrollado sistemas de guías generadas por computadora. Estas guías quirúrgicas digitales proporcionan una íntima relación entre nuestro plan de tratamiento y la cirugía propiamente tal, ya que permite transferir la planificación realizada digitalmente con una alta precisión al sitio quirúrgico. Estas guías se realizan mediante la generación de modelos estereolitográficos y es único para cada paciente. (29)

La estereolitografía, es una tecnología de creación rápida de prototipos, uno de sus usos más recientes, en odontología, permite la fabricación de guías quirúrgicas a partir de modelos 3D generados por computadora, con el fin de ubicar los implantes de

manera precisa en su sitio quirúrgico. Las plantillas quirúrgicas fabricadas por esta tecnología están preprogramadas con profundidad individual, angulaciones, posicionamiento mesiodistal y labiolingual del implante. (24)

Para la fabricación de guías estereolitografías se requiere la imagen de la tomografía computarizada (CBCT) del paciente. Este examen permite conocer un conjunto de datos volumétricos en distintos ejes: sagital, axial y coronal. Además de permitir ayudar a construir múltiples vistas transversales y panorámicas del paciente en estudio. La visualización de la superficie sombreada y los métodos de representación de volumen generan reconstrucciones en 3D de sus estructuras relevantes, incluidos los nervios, lo que hace que el escáner dental sea la técnica radiológica más precisa y completa para la planificación de implantes dentales.

El software, especialmente diseñado para el odontólogo, se utiliza para permitir a los profesionales ver virtualmente el sitio del implante y planificar la ubicación en:

- 1- Ángulo del eje del implante
- 2- profundidad del ápice o de la plataforma del implante
- 3- diámetro apical o de la plataforma del implante

los cuales se superponen virtualmente en la imagen del CBCT simulando la ubicación ideal del implante para su planificación.

Después de la planificación digital, el encerado diagnóstico debe visualizarse mediante una nueva tomografía computarizada con una guía radiográfica, con el fin de ubicar en el escáner la rehabilitación ideal de la pieza en cuestión. Actualmente se puede realizar mediante una técnica completamente digital, sin embargo, el montaje y el análisis análogo del caso puede entregar información adicional a la planificación final del caso que no la entregan los datos digitales. (29)(34)(35)

PROCESO DE FABRICACIÓN

Se fabrica una guía radiográfica con marcadores radiopacos, la cual se coloca en el paciente previo al examen imagenológico o escáner inicial, y se mantiene en la posición intraoral mientras éste se realiza. (24)(36)

Esta guía radiográfica se realizará mediante un enfilado o encerado diagnóstico, con la finalidad de contar con la imagen de la rehabilitación ideal en el escáner. Lo que, posteriormente, nos entregará información vital sobre la ubicación ideal del implante con respecto a la rehabilitación y su esquema de restauración final. (24)(27)

Los modelos diagnósticos se realizan, como se mencionó con anterioridad, en alginato. Sobre los cuales posteriormente se realiza un encerado diagnóstico de la rehabilitación final propuesta. Se toma una impresión de silicona sobre el encerado y se realiza un modelo de yeso. Después de recuperar la impresión de silicona, se retira el modelo del encerado. (21) En el caso que se trate de un paciente desdentado total, se realiza un duplicado de la prótesis del paciente (en el caso que esta se encuentre acorde a la rehabilitación), o se realiza un nuevo enfilado del paciente, para realizar una nueva prótesis ideal y duplicarla para una guía radiográfica de arco completo. (37) Posteriormente se utiliza una resina acrílica transparente y se vierte en el espacio de la impresión. (38) Como alternativa, se puede realizar un modelo duplicado en yeso piedra tipo IV y se hace una guía radiográfica, utilizando una matriz formada al vacío o sulfato de bario como marcador radiopaco. Los agujeros de acceso se realizan según la información obtenida del modelo de fundición, como en el caso de la guía radiográfica convencional.

La guía radiográfica, fabricada de esta manera, actúa como una réplica exacta del resultado final protésico deseado el cual es compatible con diferentes marcadores radiopacos (bolas de gutapercha, mangas, discos y tubos, barnices radiopacos o tiras de plomo o papel de aluminio). (24)(25)(29)(39) Algunos autores prefieren pasadores de metal para una mejor precisión. Si nos enfrentamos a una inestabilidad de la guía, se puede indicar el uso de algún agente adhesivo para prótesis removibles y así

disminuir la posibilidad de movimientos durante la obtención de las imágenes radiográficas. En caso de pacientes desdentados completos se colocan de seis a ocho marcadores radiopacos en la guía. (28)

En general, la calidad de los datos de CT depende del grosor del corte y la presencia de posibles artefactos. Cuanto más delgado es el grosor del corte y más pequeño es el tamaño del vóxel, mayor es la resolución y precisión de las mediciones de las estructuras delineadas. Artefactos provocados por elementos metálicos en restauraciones odontológicas y movimientos del paciente pueden causar distorsiones que resultarán en una adquisición de imágenes no validas (29)

GUÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA (SISTEMA CERRADO DE FABRICACIÓN)

El sistema CAD-CAM, es una técnica de creación rápida de prototipos directamente desde la planificación, el software envía el archivo a una máquina que fabrica la pieza corte por corte. Existen dos métodos principales de fabricación de guías CAD-CAM. (40)

1- Modelos de adición - ampliamente utilizado

2- Modelo por sustracción - menos efectivo

El sistema estereolitográfico consiste en una cuba que contiene una resina fotopolimerizable líquida, la cual, mediante un láser que se monta en la parte superior del tanque, se mueve en una sección transversal secuencial con incrementos de 1 mm para producir la guía. El proceso de polimerización de la resina ocurre por capas. Una vez la capa superficial de la resina en contacto con el láser, se polimeriza. Una mesa

mecánica inmediatamente debajo de la capa superficial se mueve hacia abajo 1 mm, llevando consigo la capa de resina previamente polimerizada. El láser ahora polimeriza la siguiente capa sobre la capa previamente polimerizada del modelo. En el aparato de estereolitografía solo el 80% de la polimerización total se completa, mientras que el 20% restante se puede completar en una unidad convencional de curado por luz ultravioleta. (24)

Esta guía quirúrgica presenta tubos de acero inoxidable de 5 mm de altura y 0,2 mm más anchos que la osteotomía, con una desviación de angulación de perforación que se limita a 0,1 mm. Estos sistemas pueden presentar retención en los dientes o además presentar soportes para fijar la estructura a los implantes o al reborde maxilar. con el fin de conseguir una mayor estabilidad. (10)

VENTAJAS

- 1- Colocación más precisa de implantes.
- 2- Preservación de estructuras anatómicas.
- 3- Alta precisión geométrica de 0.1 mm.
- 4- Tiempos de tratamiento más cortos, tiempos quirúrgicos
- 5- Cirugía menos invasiva, sin colgajo (en algunos casos)

DESVENTAJAS

- 1- El clínico no diseña la guía para el tratamiento
- 2- Sin un modelo análogo de la rehabilitación en casos complejos la empresa no cuenta con toda la información del caso para realizar la guía.

PROCESO DE FABRICACIÓN

Se realiza un procedimiento de tomografía computarizada con una guía radiográfica fabricada usando un marcador radiopaco en su lugar.

Los datos obtenidos del procedimiento de tomografía computarizada se envían al sitio de una compañía de software en particular o el dentista puede ver el modelo 3D virtual desde diferentes ángulos utilizando el software para personalizar el plan de tratamiento.

PRECISIÓN DE LOS SISTEMAS

Existen muchos estudios que evalúan la precisión de los sistemas de planificación y cirugía guiada, los cuales comparan la posición real con la planificada con el software.

Valente y cols 2009 estudia una muestra de 25 pacientes a los que se les colocaron implantes utilizando una guía y se controlaron con un escáner postquirúrgico, comparan la planificación con la posición final del implante. Dentro de los resultados encontraron que la zona coronal del implante presenta una desviación de 1,4 mm y de 1,6 en superficie apical. Su promedio de desviación en profundidad fue de 1.1 mm y de 7,9 grados de angulación. La conclusión a la que llegaron fue que existen variaciones en la zona coronal y apical del implante, las cuales indican que existe una media de desviación de 2mm y 8mm en cualquier dirección. (41)

Existe, además, un estudio relacionado con la variación que presentan las guías quirúrgicas es el de Oyama y cols, el cual presenta variaciones menores al presentado en el estudio anterior. Oyama indica en su estudio in vitro, que las variaciones son de 1.5 mm en la zona coronal y de 2,1 mm en el ápice del implante con una guía

tradicional, y de 0,9 mm y 1.0 mm en los implantes colocados con una guía estricta digital. (42)

Schneider y cols relaciona el grado de precisión de las guías estrictas en tres modelos de trabajo (in vitro, humanos y cadáver). Esta revisión sistemática selecciona 8 artículos los cuales elige 4 sistemas de cirugía guiada. Las conclusiones con respecto al error en el punto de entrada fueron de 1.07mm (las variaciones fueron de 0.76mm a 1.22mm); en la zona apical 1.63 mm (las variaciones fueron 1,26 a 2mm) las variaciones en la angulación fueron de 5.26 grados (la variación fue de 3,94 grados a 6,58 grados), además este estudio indica que no existen diferencias significativas con el soporte de la guía tanto en hueso, diente o implante. (43)

Alharbi y col evaluaron la precisión de la técnica de cirugía guiada. En este estudio se evaluaron 40 implantes colocados en 6 maxilares edéntulos superiores, en los cuales se registraron los siguientes parámetros:

1. Angulación en los planos mesio-distal (0,7 a 5,02 grados)
2. Angulación en los planos vestíbulo lingual (0,4 a 4,43 grados)
3. El punto de entrada varió en 0,2 a 0,72 mm

Este estudio concluye que la guía presenta precisión respectiva y que sería conveniente realizar más estudios con un mayor número de pacientes. (44)

Al analizar otros estudios se puede analizar que la precisión puede ser:

- 1- Variación total promedio del ápice es de 1,24mm (con variaciones de 0 a 6,69mm)
 - 2- Variación total promedio de la angulación 3.82 grados (con variaciones de 0 a 24,9 grados)
 - 3- variación total promedio vertical es de 0,46 mm (con variaciones de 2,33 a 4,2 mm)
- (45)(46)(47)(48)

Esta alta variación entre los valores indica que la técnica no tiene el mismo resultado en todos los clínicos y genere algunos resultados no deseados. Sin embargo, cabe destacar que la guía siempre va a ser mucho más preciso que la mano alzada sin guía quirúrgica o guía semi estricta. (45)(46)

Como mencionamos anteriormente, la utilización de una guía quirúrgica digital permite una posición del implante más predecible, segura y precisa según la planificación del profesional tratante resultando no solo en mejores resultados en términos de la osteointegración, sino también, en la rehabilitación del implante colocado.

Aún con los resultados satisfactorios de la cirugía guiada en la literatura, se observó que existen desviaciones entre lo planificado y lo realizado en el paciente. En la literatura se han observado diferencias en el punto de entrada, posición apical y grados de desviación de 1.2 mm, 1.4 mm y 3,5° respectivamente.

Se han identificado posibles factores que pueden causar estas imprecisiones: (49)

- a. Baja resolución del conebeam
- b. Error en la superposición de los archivos (dicom y stl)
- c. Errores al escanear modelos o boca del paciente
- d. Errores en la fabricación de la guía
- e. Inestabilidad de la guía
- f. Errores en la utilización de las fresas.
- g. Tejidos blandos y estabilidad
- h. Software utilizado para planificación y fabricación.

Por estas razones existen métodos para evaluar la posición del implante analizados a continuación.

MÉTODOS DE CONTROL Y MEDICIÓN DE POSICIÓN DEL IMPLANTE

MÉTODO DIRECTO

En este se utiliza las imágenes conebeam pre y post operatorias para comparar y confirmar la posición del implante. Es un método que puede ser utilizado inmediatamente después de la cirugía y su problema son los artefactos que causan los implantes (titanio) que pueden dificultar la superposición y mediciones de las imágenes.

MÉTODO INDIRECTO

Consiste en una técnica que no utiliza un escáner de control si no una impresión y el escáner inicial a la cirugía. Este requiere de un pilar estándar, cofia de impresión o scanbody atornillado al implante para la medición de la posición. Se puede obtener el archivo STL directo de la boca del paciente (scanbody) o con una impresión (cofia de impresión), luego se compara con el conebeam preoperatorio y su planificación. Su principal ventaja es la menor radiación al paciente por no utilizar un segundo conebeam y su mayor desventaja es la necesidad de un torque mínimo para atornillar el aditamento. (50)

Existe variaciones del método indirecto para lograr medir la posición del implante. Estos últimos años han sido publicados varios artículos que detallan los procedimientos a seguir. Este trabajo se basó en el método propuesto por el equipo de Son et al (2019) (51) el cual describe paso a paso su método para prescindir de un conebeam final, resultando en un método confiable y más seguro para el paciente al tener menos exposición a la radiación de los equipos radiográficos.

Con el conebeam preoperatorio más un archivo STL de la boca del paciente (obtenido con un escáner intraoral o por un escáner de mesa) se realiza la planificación y confección de la guía quirúrgica digital.

Se realiza la operación del paciente y dependiendo del torque es que si se instala o no un pilar o scanbody para obtener un modelo STL (STL post operatorio). Si el torque no es suficiente se debe esperar el periodo de osteointegración para lograr la estabilidad y la posibilidad de torquar el pilar al implante sin riesgo de falla.

Adicionalmente los autores proponen escanear el implante + el scanbody fuera de boca para lograr una imagen individual del complejo pilar/implante.

Se realiza el entrecruzamiento entre el conebeam inicial + STL post operatorio + STL complejo pilar/implante.

Se establece la posición del pilar y el implante, logrando medir la posición final del implante en el paciente.

Como método de corroboración en el estudio se tomaron conebeam de control (método directo) y se compararon con la posición obtenida con el método indirecto, obteniendo resultados similares (sin diferencias estadísticamente significativa entre ambos métodos)

*En este método lo importante es obtener archivos STL y tener puntos de referencia para la superposición o "Match" de estos. El scanbody o pilar estándar se utiliza para tener puntos de referencia para la posición del implante.

OBJETIVOS

Objetivo: Evaluación tridimensional de la exactitud en el posicionamiento de un implante asistido por una guía quirúrgica estricta.

Control Negativo: posición ideal del implante según planificación digital

Control Positivos: posición final del implante con guía quirúrgica (en el paciente)

Grupo experimental: posición del implante con guía quirúrgica (n=10)

Intervención: utilización de una guía estricta, de un caso real, ocupándola en múltiples modelos invitro del caso para conocer su precisión

Outcome: el tratamiento guiado digitalmente lleva a un resultado igual al planificado digitalmente

MATERIALES Y MÉTODO

1. Tipo de estudio:

Este trabajo es de tipo experimental in vitro con doble ciego y aleatorio

2. Preparación de modelos:

Basándonos en el caso de un paciente (sexo femenino de 45 años) con la necesidad de implante en un diente 3.5. Este fue planificado en un software dental (Blue Sky BIO versión 4.7.15, Libertyville IL., USA) sobre un conebeam preoperatorio (Planmeca, Planmeca promax 3d classic 2015, Helsinki, Finlandia). La posición ideal para el caso fue determinada (control negativo) y la confección de la guía quirúrgica proyectada sobre esta posición. La guía quirúrgica estricta en base de resina (Zortrax, Raydent SG, Olsztyn, Polonia) fue fabricada con una impresora 3D (Anycubic, Anycubic Photon 3d, Shenzhen, China).

Se realizó la cirugía del implante (MIS, SEVEN 3.75 x 11.5, Parque industrial Bar-Lev, Israel) con la utilización del sistema de cirugía guiada (MIS, MISGuide, Parque industrial Bar-Lev, Israel) y la guía quirúrgica estricta previamente confeccionada. Luego de la osteointegración (3 meses) fue obtenido un modelo de transferencia (control positivo). el cual se realizó mediante una impresión con silicona de adición (3M, Putty 3M Express, St. Paul, MN, USA) y los aditamentos para la técnica cubeta abierta, transfer y análogo (MIS, Parque industrial Bar-Lev, Israel). Además, otra impresión convencional prequirúrgica (3M, Putty 3M Express, St. Paul, MN, USA) permitió la obtención de 10 modelos replica (ELITE, yeso piedra, USA) donde fueron posicionados in vitro 10 implantes de las mismas medidas y marca que el utilizado en el paciente y con la misma guía quirúrgica (grupo experimental, Modelos P) (Figura I)

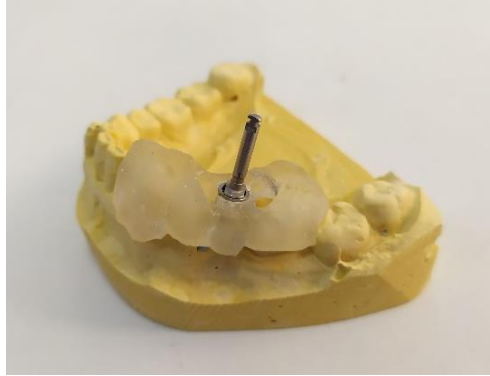


Figura I: Modelo experimental con guía en posición y fresa quirúrgica

Con el modelo post operatorio (Modelo control) y los 10 modelos preoperatorios con sus implantes instalados (Modelos P) se procedió a la instalación de un pilar de titanio provisorio, previamente arenado (MIS, pilar provisorio titanio, Parque industrial Bar-Lev, Israel) a cada uno de los modelos, con las características de: altura 10 mm, diámetro 4 mm y altura gingival 3 mm (Figura II).

Lo anterior, para realizar el escaneo de los modelos en el escáner (3Shape modelo E3, Copenhagen, Denmark) con el objetivo de obtener los modelos digitalizados en formato STL y poder ser analizados en el programa de planificación.



Figura II: Modelo control con pilar de titanio previamente arenado instalado

3. Procesamiento de imágenes

El análisis de la medición de la posición del implante fue realizado con el método indirecto según la técnica Keunbada son y cols 2019 (49). Posteriormente los archivos fueron analizados por un segundo operador (doble ciego). Cada modelo P fue encriptado, con la finalidad de que el operador no tuviera conocimiento de que modelo estaba analizando.

Luego se realizó el match entre el conebeam inicial (.CB) y el STL del modelo control, para posteriormente colocar el implante y pilar de forma digital en el software de planificación, utilizando este programa se bloqueó la posición de ambos. Se utilizó de referencia el pilar de titanio instalado y escaneado junto al modelo para tener la referencia necesaria para corroborar la posición del implante control (Figura III).

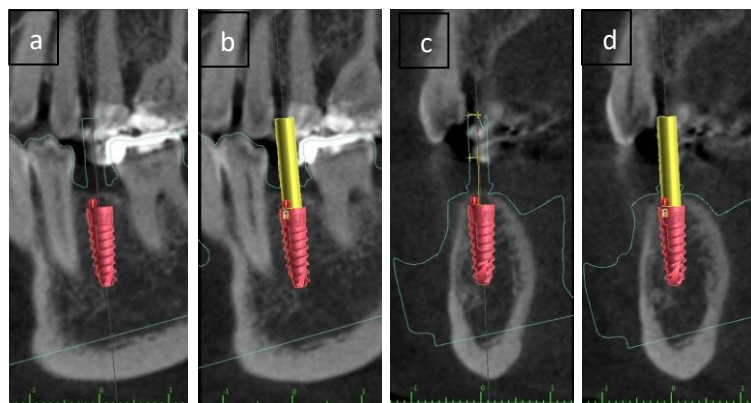


Figura III: Implante en posición con referencia del modelo STL (pilar de titanio), a. corte sagital sin pilar digital instalado b. corte sagital con pilar digital instalado, c. corte transversal sin pilar digital instalado d. corte transversal con pilar digital instalado.

Posteriormente cada archivo STL de los modelos P fueron ingresados, y de la misma manera fue colocado el implante virtual en la posición correspondiente a cada uno utilizando el software.

Para la siguiente comparación se utilizó la planificación original con la que se confeccionó la guía quirúrgica (control positivo) y se realizaron las mediciones comparativas con los mismos modelos P. Se bloqueó la posición del implante planificado y utilizando el mismo procedimiento anterior fue comparado con los implantes de los 10 modelos P operados con la guía quirúrgica del paciente.

Así las comparaciones realizadas fueron divididas en dos grupos:

- a. Planificación Vs Modelos P
- b. Modelo control cirugía Vs Modelos P

4. Recolección de datos:

Las mediciones realizadas para efectuar el análisis de precisión del estudio fueron seleccionados según estudios previos. Estos estudios realizan 3 mediciones: (32) (52) (53)

- Desviación lineal de la plataforma del implante (LP)
- Desviación lineal del ápice del implante (LA)
- Desviación angular del implante (A)

Adicionalmente otros estudios incorporan una cuarta variable que es la desviación vertical ya sea de la plataforma o del ápice. (51) (54) (55) (56)

Por lo tanto, las mediciones realizadas para comparar las posiciones utilizadas en este estudio fueron las siguientes (Figura IV):

- a. Desviación lineal de la plataforma del implante (LP):
Distancia formada por la recta que une los centros de las plataformas de los implantes a comparar.
- b. Desviación lineal del ápice del implante (LA)
Distancia formada por la recta que une los centros de los ápices de los implantes a comparar
- c. Desviación angular del implante (A)
Ángulo formado por los 2 ejes centrales de los implantes a comparar
- d. Desviación vertical del ápice (VA)
Distancia vertical entre líneas paralelas, cada una formada a partir del punto central del ápice del implante a comparar.

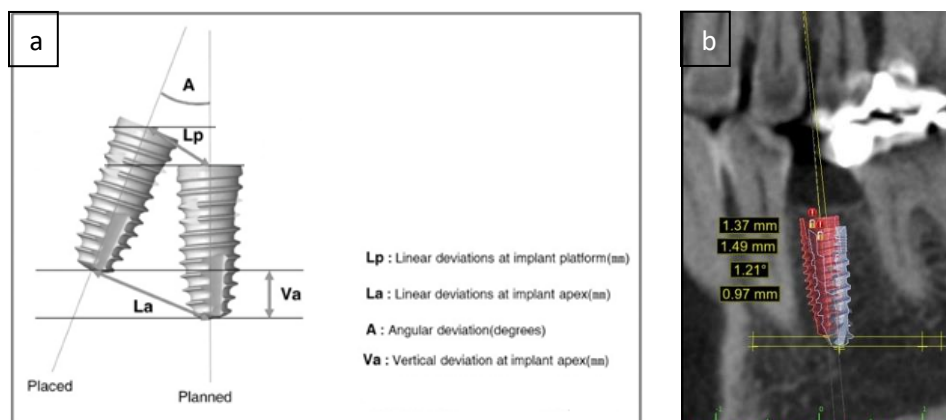


Figura IV: a) Esquema de parámetros de comparación implantes, b) comparación en programa de planificación entre el implante planificado y el real.

5. Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados de los modelos experimentales respecto de la planificación, fue realizado un análisis de varianza según cada parámetro evaluado (LP, LA, A, VA) con un $\alpha=0,05$. además, se detallan los histogramas (Figura V) para cada parámetro. (Tabla I)

Para evaluar las diferencias entre los resultados obtenidos de los modelos experimentales y respecto a los observados en la cirugía, fue empleado un test ANOVA de una vía y post test T, para cada parámetro observado (LP, LA, A, VA), con un $\alpha=0,05$. (Tabla II)

RESULTADOS

Nuestro análisis de los parámetros mencionados se realizó en 2 instancias, la primera contrastando la planificación original con los modelos experimentales in vitro y luego el modelo control de la cirugía nuevamente con los modelos experimentales.

Los resultados del primer análisis se detallan en la tabla I. Los valores de media, mediana y varianza de cada uno de los parámetros LP ($0,84 \pm 0,3$; 0,74; 0,11), LA ($1,2 \pm 0,6$; 1,0; 0,4), A ($4,5 \pm 1,7$; 5; 2,94) y VA ($0,22 \pm 0,1$; 0,23; 0,015) fueron realizados por un análisis de varianza con un $\alpha = 0,005$ (Tabla II), detallados en los histogramas en la figura V. Las imágenes de las mediciones de la planificación versus modelos experimentales la encontramos en la figura VI.

Modelo	LP	LA	A	VA
Modelo P1	0,63 mm	0,75 mm	1,64°	0,32 mm
Modelo P2	1,00 mm	2,21 mm	6,09°	0,23 mm
Modelo P3	0,53 mm	1,61 mm	5,46°	0,09 mm
Modelo P4	0,57 mm	1,72 mm	6,02°	0,03 mm
Modelo P5	1,47 mm	2,51 mm	5,72°	0,29 mm
Modelo P6	1,26 mm	1,95 mm	3,87°	0,31 mm
Modelo P7	0,58 mm	1,82 mm	6,12°	0,23 mm
Modelo P8	0,57 mm	1,16 mm	3,37°	0,23 mm
Modelo P9	0,74 mm	2,02 mm	6,82°	0,07 mm
Modelo P10	0,86 mm	1,73 mm	4,49°	0,41 mm

Tabla I: Resultado de mediciones comparativas entre planificación y modelos experimentales P, LP: desviación lineal de la plataforma, LA: desviación lineal del ápice, A: ángulo entre ejes de los implantes y VA: variación vertical del ápice.

Parámetro	Media	Mediana	Varianza
LP (mm)	0,84 ± 0,3	0,74	0,11
LA (mm)	1,2 ± 0,6	1,0	0,4
A (C°)	4,5 ± 1,7	5	2,94
VA (mm)	0,22 ± 0,1	0,23	0,015

Tabla II: Análisis de varianza de los parámetros LP, LA, A, VA con un $\alpha = 0,005$

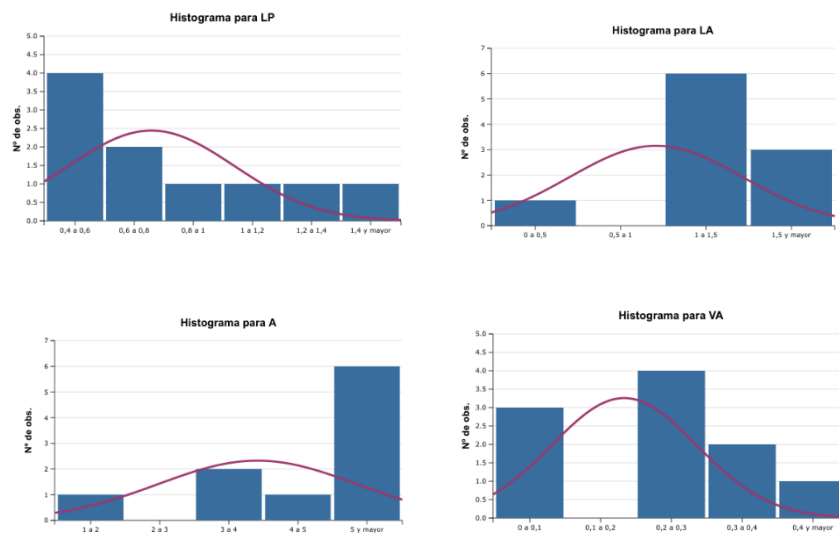


Figura V: Histogramas de parámetros evaluados en la comparación de modelos experimentales respecto a la planificación.

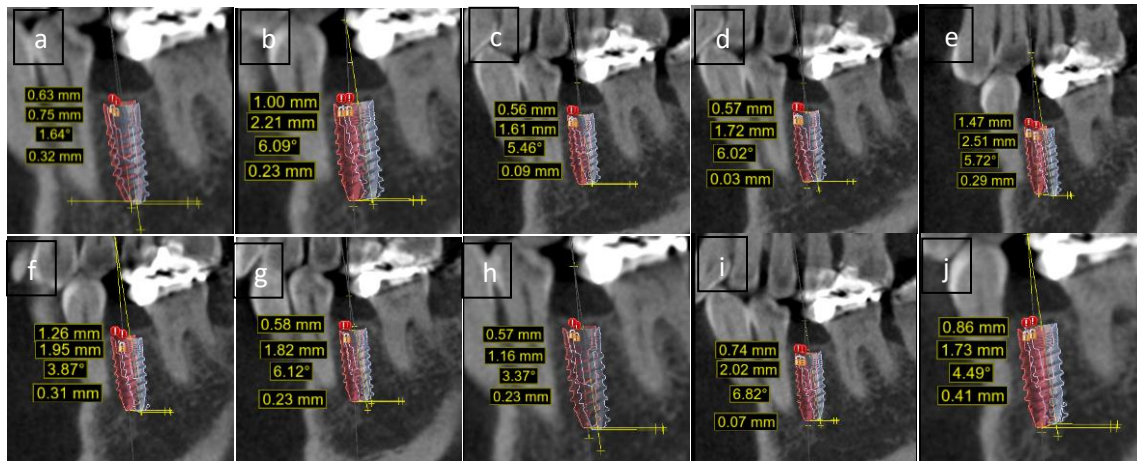


Figura VI: Planificación versus modelos experimentales P, letras a – j coincidentes con orden numérico modelos P 1-10.

En el segundo análisis entre los modelos experimentales con el modelo control cirugía (Figura VII), los valores se encuentran detallados en tabla III. Estos fueron realizados con un test ANOVA de una vía y post test T para cada parámetro observado con un $\alpha = 0,005$ detallados en la tabla IV.

Modelo	LP	LA	A	VA
Modelo P1	1,37 mm	1.49 mm	1,21°	0,97 mm
Modelo P2	0,78 mm	1,26 mm	3,23°	0,46 mm
Modelo P3	2,02 mm	2,29 mm	3,27°	0,93 mm
Modelo P4	1,74 mm	2,71 mm	4,56°	0,28 mm
Modelo P5	1,89 mm	2,03 mm	0,76°	0,97 mm
Modelo P6	1,73 mm	1,89 mm	1,64°	0,84 mm
Modelo P7	1,62 mm	1,19	2,33°	0,89 mm
Modelo P8	1,30 mm	1,43 mm	1,32°	0,99 mm
Modelo P9	1,85 mm	2,82 mm	4,82°	0,47 mm
Modelo P10	0,95 mm	1,83 mm	4,59°	0,73 mm

Tabla III: Resultado de mediciones comparativas entre modelo control cirugía y modelos experimentales P, LP: desviación lineal de la plataforma, LA: desviación lineal del ápice, A: ángulo entre ejes de los implantes y VA: variación vertical del ápice.

Parámetro	Cirugía	Modelo	p
LP (mm)	0,61	0,84	0,056
LA (mm)	0,91	1,2	0,001
A (C°)	4,1	4,5	0,365
VA (mm)	0,71	0,22	0,221

Tabla IV: Resultados análisis de test ANOVA para cada parámetro observado obtenidos de los modelos experimentales respecto al modelo control de cirugía.

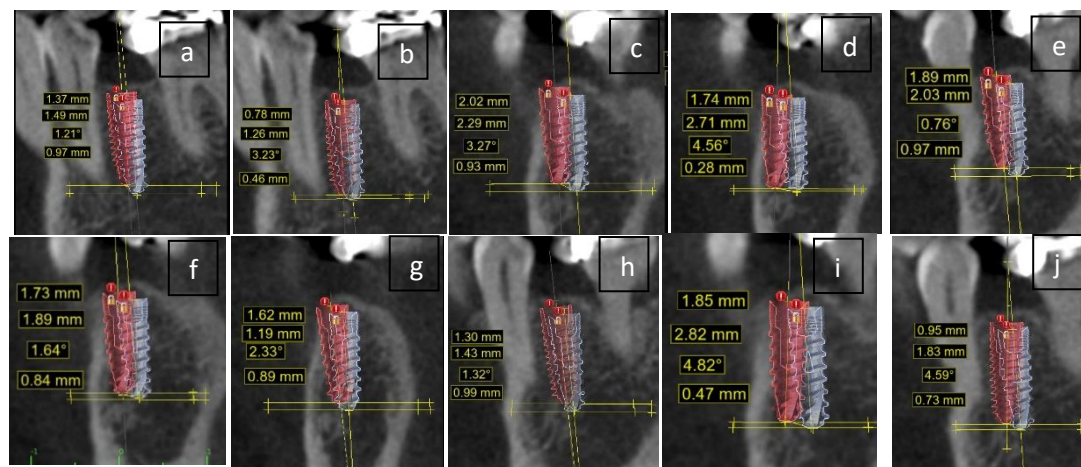


Figura VII: Modelo control cirugía versus modelos experimentales P, letras a – j coincidentes con orden numérico modelos P 1-10.

DISCUSIÓN

En el ámbito de la implantología las guías digitales estrictas son una importante herramienta para la colocación de implantes en zonas donde se requiere una alta precisión (1). Sin embargo, lo que se puede observar con los resultados y el análisis estadístico, comparando la planificación y la posición final del implante, es que existen diferencias principalmente en la desviación lineal de la plataforma, lineal del ápice, vertical del ápice y angulación en la posición final del implante, a pesar de la utilización de la guía estricta. Uno de los valores de mayor variación es la angulación del implante con respecto a lo planificado (varianza 2.94).

Dada esta diferencia, y para comprobar si la guía presentaba algún tipo de distorsión, se procedió a realizar el modelo experimental. Los resultados generales presentaron una mayor variabilidad de la posición final del implante. A pesar de lo cual, la mayor parte de los resultados se encontraron dentro de los rangos de efectividad de una guía según la literatura. (1) Cuando los resultados de la experimentación se compararon con la cirugía, la desviación lineal apical (LA) fue la que presentó una mayor discrepancia (variación significativa $p= 0,001$).

Cuando analizamos estudios para observar los métodos de medición de precisión y los parámetros utilizados encontramos en la literatura una gran heterogeneidad, ya que no todos ocupan los mismos modelos de estudio (in vitro, cadáver, in vivo) (50), además de no utilizar los mismos parámetros de comparación. En general para la medición de la posición de un implante y en comparación con posiciones ideales (estudio de precisión) 3 parámetros son los mayormente utilizados: Desviación lineal de la plataforma del implante (LP), desviación lineal del ápice del implante (LA) y desviación angular del implante (A). (49) (52) (53) Pocos estudios agregan una cuarta medición que es la diferencia en las alturas o profundidad de los implantes, ya sea medida en la plataforma o en el ápice del implante. (51) (55) Así en este estudio se utilizaron los 3 parámetros más utilizados y adicionalmente la medición de la diferencia en la profundidad del implante mediante una comparación entre las posiciones de los ápices.

Los promedios observados fueron los siguientes: LP (0.82mm) ; LA (1.74mm) ; A (4.96) y VA (0.2mm). Si analizamos los valores obtenidos con los valores de literatura, según Ahaese et al, se puede observar que LP y LA se encuentran dentro de los valores 1.2 mm y 1.80 mm respectivamente. También la VA se encuentra dentro de los valores esperables (1.4 mm), pero si comparamos la angulación varía en un 42% con respecto a las angulaciones, ya que el valor de la literatura es de 3.5 grados y el promedio obtenido en este estudio es de 4.96 grados. (1) Si se analizan los valores de la planificación original y el caso clínico, podemos ver que los valores LP (0.61mm) ; LA(0.91mm) y VA (0.97mm) están dentro de los promedios encontrados por este autor. También observamos que existe diferencia si se compara el valor de la angulación del implante (4.10 °) y los valores encontrados por bibliografía (3.5°), tenemos una variación del 17% en la angulación.

Alharbi et al analiza la angulación en los 3 planos del espacio y encuentra rangos mayores de variación en la precisión de las guías con respecto a su angulación: 0,7° a 5,02 ° en plano mesio-distal. Esto nos permitiría indicar que los valores de angulación están dentro de los rangos esperados, sin embargo, debemos tomar en cuenta, que este estudio se realizó en maxilares edéntulos, los que podría ser un factor diferenciador con respecto a este estudio en implante unitario.

Si nos basamos en los resultados de Valente et al en 2009, sus variaciones en la posición del ápice fueron entre 1.4mm y 1.6 mm, nuestra LA (1.74mm) del modelo se encuentra fuera de los rangos establecidos, pero el valor de la LA (0.91mm) caso clínico se encuentra dentro de los rangos aceptables de variación. En términos de profundidad, los valores de VA (0.2mm) en modelos experimentales y VA(0.71mm) en modelo control de cirugía, se encuentran dentro de los rangos esperados por el autor (promedio 1.1mm). Por último, el valor promedio de las angulaciones de este autor es de 7.9°, lo que nos sitúa dentro de los rangos aceptables, considerando los valores obtenidos por el modelo como por el caso clínico. Este autor indica, también, que las variaciones de la guía pueden ser entre 2 mm a 8 mm en cualquier dirección, lo cual, si se compara con los otros autores, principalmente con Ahaese et all, es una variación muy grande si pensamos en la clínica. (1)

Oyama y cols compara las variaciones de una guía tradicional con una guía estricta, considera que las variaciones dentro de las guías estrictas son mucho menores y habla de que los rangos en la variación en la zona coronal (LP) es de 0.9 mm y en la zona apical (VA) es de 1.0 mm, lo que indicaría, dentro de la comparación planificación - caso clínico (LP 0.91 mm y VA 0.71mm) y caso clínico - modelos experimentales (0.82mm y 0.2 mm), que estamos dentro de los rangos promedios, alejados de lo que podrían ser valores utilizando una guía tradicional (LP 1.5mm y VA 2.1 mm). (42) Sin embargo, debemos considerar que estamos trabajando en promedios, por lo que dentro de los rangos referenciales y de nuestro estudio existen valores que, si son analizados, los resultados en la clínica podrían llevar a algún tipo de resultado no deseado.

Dentro de los estudios encontrados fue complicado realizar comparaciones, ya que muchos de los estudios a analizar no presentaban las mismas variables consideradas en nuestro modelo. Por lo que el análisis y los valores de rangos que consideramos más valiosos para nuestra comparación fue el del estudio de Ahas y cols, esto debido a que nos permite realizar una comparación y análisis de la mayoría de nuestras variables con las encontradas en su estudio. (1)

Si analizamos nuestros objetivos podemos ver que el valor que más escapa dentro de los rangos encontrados en la literatura es el rango de la angulación, tanto en la comparación del caso clínico, como en la comparación del modelo invitro.

Al analizar el parámetro de LA, la comparación entre los modelos de estudio y el caso clínico, se puede decir que la variación en este parámetro fue estadísticamente significativa ($p=0,001$), y según la literatura esto podría deberse a: la inestabilidad de la guía, baja resolución del conebeam, error al escanear los modelos para hacer la guía, el software para la planificación, planificación de la guía, fabricación de la guía, elasticidad de la guía y en el operador. (1)

Dentro de este estudio el operador que realizó la cirugía tanto en el caso como en los modelos fue el mismo. Además, la estabilidad de la guía fue probada en boca, posterior a la cirugía, y en los modelos experimentales, teniendo en ambos una

adaptación perfecta. Se comparó la estabilidad en los modelos y fue la misma que en la paciente. Otro factor que considerar es el diseño de la guía en el software, lo que podría ser un factor a tomar en cuenta, sin embargo, no es el objetivo de este estudio analizar este.

Podemos inferir, con los resultados obtenidos por este estudio, que el material de fabricación de la guía podría ser factor importante a considerar en la variación de los resultados obtenidos, ya que este podría generar una distorsión que alterara el resultado final. (57) Sin embargo, al no ser un objetivo de nuestra tesis, debemos indicarlo para futuros estudios y solo realizar conjeturas basándonos en la bibliografía.

Cabe destacar también, que existe en la literatura información de que el número de implantes colocados en la guía para pacientes parcialmente desdentados también puede generar una variación en la posición final del implante con guía estricta, (56) lo cual podría ser una variable más a considerar al utilizar guías quirúrgicas estrictas. Esto, ya que al utilizar más de una vez la guía (generar presión en ella), se podría provocar alguna distorsión en el material que alteraría la posición final. Según nuestros resultados la utilización de la guía en un mismo caso múltiples veces podría generar una distorsión en el material lo que podría ser un factor que llevase a una variación de los resultados.

Dentro de las sugerencias y futuros estudios podríamos considerar el hecho que la muestra que utilizamos fue muy pequeña, varios estudios utilizan un mayor número de N y además en la mayor parte de ellos se sugiere un análisis de un N mayor tanto en modelos invitro como en modelos estudios in vivo. Otra sugerencia es el hecho de que en este caso nos limitamos a estudiar un tipo de guía con un mismo material, creemos que podría ser interesante como una continuación del estudio comparar más de un tipo de material o empresa fabricante de la guía.

Este último punto resulta interesante debido a que podría existir una variación, no solo en el material por la contracción de este en el proceso de polimerización (Mangano FG, Admakin O, Bonacina et al) (58). Consideramos, dentro de la fabricación, que la impresora es un factor que no debemos tomar en cuenta debido a que existen

estudios que indican que pueden existir variaciones pequeñas dependiendo la impresora utilizada (59), y se indica que estas diferencias son insignificantes (rangos de 0.4mm). (60)

Dentro del análisis podemos destacar que los resultados se encuentran dentro de los rangos observados en la literatura. Sin embargo, tenemos múltiples factores que pueden jugar un rol en esa variación al momento de utilizar una guía quirúrgica, los cuales no están dentro del objetivo de este trabajo.

Con los resultados obtenidos, el rango de variación que puede tener la guía estricta es un elemento por considerar al momento de planificar la ubicación del implante en zonas que requieran una alta precisión quirúrgica. (1)(41)(42)(43)(44)

CONCLUSIÓN

A modo de conclusión podemos indicar que una guía estricta para dientes unitarios es un sistema seguro que permite una mayor precisión en comparación a la colocación de implantes tradicional (2)(24), sin embargo, la utilización de una guía estricta no asegura que la ubicación va a ser igual a la planificación digital del implante. Según nuestros resultados existen rangos de variación lineal de la plataforma de (0.82mm); desviación lineal del ápice de (1.74 mm); desviación angular del implante (4.96°) y variación vertical del ápice (0.2mm). La mayor variación se produce en la variable de angulación. Por lo anterior, las guías quirúrgicas estrictas que utilizan resina (Zortrax) en zonas de dientes unitarios presentan variabilidad, siendo la angulación (varianza 2.94%) la de mayor diferencia y la desviación vertical (varianza 0,015) la que presento la menor diferencia. Lo que en resumen significa que podemos tener, según nuestro modelo experimental, una mayor certeza de la ubicación del implante en relación a la planificación se puede lograr a nivel vertical (rangos de VA: 0,07mm a 0,4 mm) que de forma angular (rangos de A : 1,64 mm a 6,12 mm).

LP: desviación lineal de la plataforma, LA: desviación lineal del ápice, A: ángulo entre ejes de los implantes y VA: variación vertical del ápice

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontology 2000*. 2016;73(1):121-133.
2. Tan P, Layton D, Wise S.). In vitro comparison of guided versus freehand implant placement: use of a new combined TRIOS surface scanning, Implant Studio, CBCT, and stereolithographic virtually planned and guided technique. *International journal of computerized dentistry*, 2018;21(2):87-95.
3. The Glossary of Prosthodontic Terms. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2017;117(5):C1-e105.
4. SurgiGuide Cookbook - Dental-Depot [Internet]. yumpu.com. 2020 [cited 9 April 2020]. Available from: <https://www.yumpu.com/en/document/read/48957663/surgiguide-cookbook-dental-depot>.
5. Stumpel L. Cast-based guided implant placement: A novel technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2008;100(1):61-69.
6. De Kok I, Thalji G, Bryington M, Cooper L. Radiographic Stents: integrating treatment planning and implant placement. *Dental Clinics of North America*. 2014;58(1):181-192.
7. Block M, Emery R. Static or Dynamic Navigation for Implant Placement—Choosing the Method of Guidance. 2020.
8. Contreras Molina I, Contreras Molina G, Bez L, Souza Magini R, Maziero V. C. Guided surgery in implantology practice. *Revista Odontológica Mexicana*. 2013;17(2):115-120.
9. Brief J, Edinger D, Hassfeld S, Eggers G. Accuracy of image-guided implantology. *Clinical Oral Implants Research*. 2005;16(4):495-501.

10. Melej C, Ibañez C, Llic D. Planificación Quirúrgica Digital Guía Quirúrgica Semi Estricta e Implantes Alternativos al Sistema Original. FUNDACIÓN JUAN JOSÉ CARRARO. 2011;34(Sept-Oct):4 - 8.
11. Akça K, İplikçioğlu H, Çehreli M. A surgical guide for accurate mesiodistal paralleling of implants in the posterior edentulous mandible. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2002;87(2):233-235.
12. Patras M, Martin W, Sykaras N. A Novel Surgical Template Design in Staged Dental Implant Rehabilitations. Journal of Oral and Maxillofacial Research. 2012;3(2).
13. Scherer M, Roh H. Radiopaque dental impression method for radiographic interpretation, digital alignment, and surgical guide fabrication for dental implant placement. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2015;113(4):343-346
14. Zahran M, Fenton A. A radiopaque implant template for partially edentulous patients. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2010;103(6):390-392.
15. Almog D, Torrado E, Moss M, Meitner S, LaMar F. Use of imaging guides in preimplant tomography. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology. 2002;93(4):483-487.
16. Yash Kapadia and Vinay Jain. "Radiopacity of Dental Materials used for Imaging Guides in Implant Dentistry". EC Dental Science 17.6 (2018): 900-906.
17. Madriz G, Martin A. Férulas quirúrgicas en Implantología. Cient dent. 2009;6(3):165 - 175.
18. Orentlicher G, Goldsmith D, Abboud M. Computer-Guided Planning and Placement of Dental Implants. Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics. 2012;20(1):53-79.
19. Mupparapu M, Singer SR. Implant imaging for the dentist. Journal (Canadian Dental Association). 2004 Jan;70(1):32.

20. Batenburg, R., Stellingsma, K., Raghoobar, G. and Vissink, A., 1997. Bone height measurements on panoramic radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 84(4), pp.430-435.
21. Takeshita F, Suetsugu T. Accurate presurgical determination for implant placement by using computerized tomography scan. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1996;76(6):590-591.
22. Meitner S, Tallents R. Surgical templates for prosthetically guided implant placement. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2004;92(6):569-574.
23. Solow R. Simplified radiographic-surgical template for placement of multiple, parallel implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2001;85(1):26-29.
24. Lal K, White G, Morea D, Wright R. Use of Stereolithographic Templates for Surgical and Prosthodontic Implant Planning and Placement. Part I. The Concept. *Journal of Prosthodontics*. 2006;15(1):51-58.
25. Becker C, Kaiser D. Surgical guide for dental implant placement. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2000;83(2):248-251.
26. Lal K, White G, Morea D, Wright R. Use of Stereolithographic Templates for Surgical and Prosthodontic Implant Planning and Placement. Part II. The Concept. *Journal of Prosthodontics*. 2006;15(1):51-58.
27. Arfai N, Kiat-amnuay S. Radiographic and surgical guide for placement of multiple implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2007;97(5):310-312.
28. Marchack, C. and Moy, P., 2003. The Use of a Custom Template for Immediate Loading With the Definitive Prosthesis: A Clinical Report. *Journal of the California Dental Association*, 31(12), pp.925 - 929.
29. Widmann, G. and Bale, R., 2006. Accuracy in Computer-Aided Implant Surgery— A Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 21(2), pp.855 - 863.

30. Henao, J., Ramos, J. S., Valencia, C. H., Adams, I., Rico, C. A., Escandón, J. M., Echeverri-Cárdenas, D. (2018). Elaboración de un nuevo tipo de guías quirúrgicas para implantes dentales mediante impresión 3D. *Informador Técnico*, 82(1), 78-89.
31. Marchack, C., Charles, A. and Pettersson, A., 2011. A single appointment protocol to create a partially edentulous CAD/CAM guided surgical template: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 106(6), pp.346-349.
32. Turbush, S. and Turkyilmaz, I., 2012. Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 108(3), pp.181-188.
33. Sanna, A., Molly, L. and van Steenberghe, D., 2007. Immediately loaded CAD-CAM manufactured fixed complete dentures using flapless implant placement procedures: A cohort study of consecutive patients. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 97(6), pp.331-339.
34. Schawrz, M., Rothman, S., Rhodes, M. and Chafetz, N., 1987. Computed tomography: Part I. preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *The international journal of oral & maxillofacial implants*, 2(3), pp.137 - 141.
35. Schawrz, M., Rothman, S., Rhodes, M. and Chafetz, N., 1987. Computed tomography: Part II. preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *The international journal of oral & maxillofacial implants*, 2(3), pp.141 - 148.
36. Tardieu, P., Vrielinck, L. and Escolano, E., 2003. Computer-assisted Implant Placement. A Case Report: Treatment of the Mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 18(4), pp.599 - 604.
37. Wulfman, C., Hadida, A. and Rignon-Bret, C., 2010. Radiographic and surgical guide fabrication for implant-retained mandibular overdenture. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 103(1), pp.53-57.
38. Çehreli, M., Çaliş, A. and Şahin, S., 2002. A dual-purpose guide for optimum placement of dental implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(6), pp.640-643.

39. Basten, C. and Kois, J., 1996. The use of barium sulfate for implant templates. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 76(4), pp.451-454.
40. Joshi (Bhuskute), M., Dange, S. and Khalikar, A., 2006. Rapid prototyping technology in maxillofacial prosthodontics: Basics and applications. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 6(4), p.175.
41. Valente F, Schiroli G, Sbrenna A. Accuracy of Computer-Aided Oral Implant Surgery: A Clinical and Radiographic Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2009;24(2):234 - 242.
42. Oyama, K., Kan, J., Kleinman, A., Runcharassaeng, K., Lozada, J. and Goodcare, C., 2020. Misfit of Implant Fixed Complete Denture Following Computer-Guided Surgery. *The international journal of oral & maxillofacial implants*, 24(1), pp.124 - 130.
43. Schneider, D., Marquardt, P., Zwahlen, M. and Jung, R., 2009. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clinical Oral Implants Research*, 20, pp.73-86.
44. Al-Harbi, S. and Sun, A., 2009. Implant Placement Accuracy When Using Stereolithographic Template as a Surgical Guide: Preliminary Results. *Implant Dentistry*, 18(1), pp.46-56.
45. Van Assche, N., Vercruyssen, M., Coucke, W., Teughels, W., Jacobs, R. and Quirynen, M., 2012. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clinical Oral Implants Research*, 23, pp.112-123.
46. Sicilia, A. and Botticelli, D., 2012. Computer-guided implant therapy and soft- and hard-tissue aspects. The Third EAO Consensus Conference 2012. *Clinical Oral Implants Research*, 23, pp.157-161.
47. Vercruyssen M, Laleman I, Jacobs R, Quirynen M. Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review. *Clinical Oral Implants Research*. 2015; 26:69-76.

48. Wong N, Huffer-Charchut H, Sarment D. Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing Surgical Guidance for Placement of Dental Implants: Case Report. *Implant Dentistry*. 2007;16(2):123-130.
49. Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. Factors influencing transfer accuracy of cone beam CT-derived template-based implant placement. *Clinical Oral Implants Research*. 2011;23(4):416-423.
50. Platzner S, Bertha G, Heschl A, Wegscheider W, Lorenzoni M. Three-Dimensional Accuracy of Guided Implant Placement: Indirect Assessment of Clinical Outcomes. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2011; 1-11.
51. Son K, Huang M, Lee K. A method to evaluate the accuracy of dental implant placement without postoperative radiography after computer-guided implant surgery: A dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019; 1-6.
52. Zhao, X., Xu, W., Tang, Z., Wu, M. and Chen, S., 2014. Accuracy of Computer-Guided Implant Surgery by a CAD/CAM and Laser Scanning Technique. *The Chinese Journal of Dental Research*, 17(1), pp.31 - 36.
53. Seo, C. and Juodzbalys, G., 2018. Accuracy of Guided Surgery via Stereolithographic Mucosa-Supported Surgical Guide in Implant Surgery for Edentulous Patient: a Systematic Review. *Journal of Oral and Maxillofacial Research*, 9(1).
54. Bover Ramos, F., Viña Almunia, J., Cervera Ballester, J., Peñarrocha Diago, M. and García Mira, B., 2018. Accuracy of Implant Placement with Computer - Guided Surgery: A Systematic Review and Meta - Analysis Comparing Cadaver, Clinical and In Vitro Studies. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 33(1), pp.101 - 115.
55. Pettersson, A., Kero, T., Söderberg, R. and Näsström, K., 2014. Accuracy of virtually planned and CAD/CAM-guided implant surgery on plastic models. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(6), pp.1472-1478.

56. El Kholy K, Lazarin R, Janner SFM, Faerber K, Buser R, Buser D. Influence of surgical guide support and implant site location on accuracy of static Computer-Assisted Implant Surgery. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(11):1067–1075.
57. Chen, L., Lin, W., Polido, W., Eckert, G. and Morton, D., 2019. Accuracy, reproducibility, and dimensional stability of additively manufactured surgical templates. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(3), pp.309-314.
58. Mangano FG, Admakin O, Bonacina M, Biaggini F, Farronato D, Lerner H. Accuracy of 6 Desktop 3D Printers in Dentistry: A Comparative In Vitro Study. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2020;28(2):75-85.
59. Gjelvold B, Mahmood DJH, Wennerberg A. Accuracy of surgical guides from 2 different desktop 3D printers for computed tomography-guided surgery. *J Prosthet Dent.* 2019;121(3):498–503.
60. Deeb GR, Allen RK, Hall VP, Whitley D 3rd, Laskin DM, Bencharit S. How Accurate Are Implant Surgical Guides Produced With Desktop Stereolithographic 3-Dimensional Printers?. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017;75(12):2559.e1–2559.e8.