



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ciencia de la Salud

IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ERROR EN EL PROCESO DE
PLANIFICACIÓN VIRTUAL EN CIRUGÍA IMPLANTOLÓGICA ASISTIDA POR
COMPUTADOR CON GUÍAS QUIRÚRGICAS ESTÁTICAS;
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

POR: VÍCTOR HUGO CALQUÍN HERRERA

Revisión bibliográfica presentada a la Facultad de Ciencia de la Salud de la
Universidad del Desarrollo para optar al título de Especialidad Odontológica en
Implantología Bucomaxilofacial.

PROFESOR GUÍA:

Sr. JOAQUÍN MUÑOZ FERNÁNDEZ

Mayo 2023

CONCEPCIÓN

© Se autoriza la reproducción de fragmentos de esta obra para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia bibliográfica.

TABLA DE CONTENIDOS.

1.-Resumen.....	iii
2.-Introducción.....	1
3.-Marco teórico.....	2
4.- Objetivos.....	5
4.1.- Objetivo general.....	5
4.2.- Objetivos específicos.....	5
5.- Materiales y método.....	6
6.- Resultados.....	8
6.1.- Escáner y método de escaneo.....	10
6.2.- Adquisición y manipulación de datos.....	12
6.3.- Planificación virtual.....	13
6.4.- Fabricación de la guía.....	14
6.5.- Técnica intraoperatoria.....	15
6.6.- Propios del operador.....	17
6.7.-Propios del paciente.....	18
7.- Discusión.....	19
8.- Conclusiones.....	26
9.- Referencias.....	28

RESUMEN.

Objetivo: Evidenciar a través de la literatura las diversas fuentes de error que interfieren en el proceso, desde la planificación virtual hasta los resultados quirúrgicos obtenidos en la cirugía implantológica asistida por computador mediante guías estáticas.

Material y método: Se realiza una búsqueda sistemática de la literatura disponible en los últimos 5 años, identificando de las diversas fuentes de error que interfieren en el proceso. La búsqueda digital se efectúa en base a las bibliotecas electrónicas científicas **PUBMED** y **WILEY**. Se incluyen en la búsqueda revisiones sistemáticas, metaanálisis, artículos de revisión y estudios clínicos retrospectivos.

De la búsqueda bibliográfica y clasificación de la información se procede a una subdivisión de los artículos, de acuerdo con la identificación de los factores que generen fuentes de error. Teniendo como premisa que; para poder encontrar estas fuentes de error es necesario investigar desde la planificación hasta los resultados finales obtenidos en el proceso.

Resultados: Se identifican diversas fuentes de error ocurridas en cada etapa del proceso de planificación virtual; desde el proceso de escaneo hasta la cirugía misma.

Conclusiones: A pesar de los avances en los sistemas de planificación y fabricación de guías quirúrgicas, todavía se producen errores entre la posición del implante planificado e insertado. La precisión de esta técnica depende de acumulación e interacción de errores involucrados desde la obtención de datos imagenológicos hasta la propia cirugía; Por lo tanto, los esfuerzos deben apuntar a disminuir esta brecha, ya sea simplificando el protocolo, o incorporando mayor precisión a lo largo de todo el procedimiento, pero fundamentalmente un conocimiento acabado de la técnica en todos sus pasos.

INTRODUCCIÓN.

Hoy en día la cirugía asistida o (guiada) por computador está tomando cada vez más protagonismo, y actualmente es ampliamente utilizada a nivel mundial. La gran accesibilidad y disposición de escáneres en el mercado, el fácil acceso a impresoras tridimensionales, junto a la incorporación progresiva de nuevos softwares de planificación implantológica gratuitos y versátiles desde la web; incorporan excelentes estándares para la confección de guías quirúrgicas, transformando esta técnica, en una necesidad e incluso un deber para el implantólogo oral moderno.

La importancia de esta revisión es documentar las fuentes de error que están involucradas en el proceso completo de planificación virtual implantológica con guías estáticas, desde el proceso de escaneo hasta la cirugía implantológica, con el fin de que los cirujanos puedan reconocer los factores implicados y disminuir los errores cometidos.

MARCO TEÓRICO.

En la evolutiva historia de la Implantología, la cirugía asistida por computador o guiada, aparece a principios de la década de los 90. En 1991, el software Image-Master-101 colocó algunas imágenes gráficas de implantes en imágenes transversales. En 1993, se introdujo la primera versión de Simplant que proporcionaba herramientas de planificación 3D, junto con los primeros reportes de caso de la mano de autores como Thomas Fortin (1995) y Kris Verstreken (1998).

Se habla por primera vez de la asistencia por computador para efectuar una cirugía de inserción de implantes dentales que prometía ser de alta precisión y predecible para poder solucionar casos de mayor complejidad, evitando incurrir en accidentes como invasión de seno maxilar, laceraciones en el nervio alveolar inferior, perforaciones de tablas óseas, piso de fosas nasales, etc. D'haese, Ackhurst, Wismeijer, De Bruyn, Tahmaseb (2017).

Actualmente, la implantología utiliza técnicas que proporcionan información tridimensional para la colocación óptima de los implantes teniendo en cuenta los parámetros protésicos. Estas técnicas son la tomografía computarizada (TC) y la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), así como el software de planificación de implantes 3D y CAD/CAM. İlhan, Dikmen, Yüzbaşıoğlu (2021).

El software de planificación de implantes se utiliza para fusionar los conjuntos de datos digitales de los procedimientos de escaneo en formato DICOM, con los de la superficie oral, en formato STL. Estos se obtienen mediante el escaneo intraoral IOS, o a través del escaneo extraoral de un modelo EOS, alineando regiones comunes de ambos datos en un proceso llamado registro. Kernan et al. (2020).

Todos estos avances han hecho posible el rápido desarrollo de la cirugía guiada por computador, la cual se puede clasificar según la literatura en cirugía estática y dinámica. Patil (2020).

La cirugía guiada dinámica no utiliza guías, sino que es un sistema que, mediante tecnología de vídeo, permite realizar la cirugía visualizándola en directo.

La cirugía guiada estática utiliza guías quirúrgicas estáticas para guiar el proceso de osteotomía e inserción del implante, y pueden estar soportadas por mucosa, hueso o dientes.

Se realiza el diseño de guías quirúrgicas para asegurar la inserción controlada de los implantes; en cuanto a número, diámetro, longitud y angulación. De acuerdo con el volumen y densidad del hueso alveolar residual, según la información obtenida del CBCT. Mai, Dam y Lee (2023).

Sin embargo, muchos aspectos en los protocolos iniciales de la cirugía guiada por computador impiden que esta técnica fuese tan precisa como se espera. Kumar, Varshney y Trivedi (2022).

Inicialmente, ya para los primeros años de implementación se reportaban grandes discrepancias posicionales en los resultados quirúrgicos obtenidos. Valores de desviación máximas de hasta 4.5mm en el punto de entrada y 7.1mm en el ápice del implante han sido reportados, también discrepancias posicionales del resultado quirúrgico comparado a lo planificado virtualmente en promedio de 1mm en el punto de entrada, 1.6mm en el ápice implantario, 0.5mm de profundidad, y de 5° a 6° de discrepancia en angulación. Jorba, González, Camps, Figueiredo y Valmaseda, (2021).

Cabe considerar también las características del propio implante a utilizar sobre todo su macro y microdiseño, sumado a las consideraciones transversales a todo tipo de cirugía implantológica como la condición sistémica del paciente, condiciones del recurso biológico local del paciente, factores como el tabaquismo, malos hábitos y hábitos parafuncionales, entre otros. Popescu et al. (2019).

Considerando que el protocolo a seguir para una cirugía guiada por computador consiste en un flujo de trabajo extenso que involucra un sin número de pasos previos a la ejecución de la propia cirugía. Cada uno de estos pasos considera uno o más potenciales fuentes de error que redundan finalmente en una falta de precisión, pudiéndose sustentar en los resultados de los trabajos de diversos autores al momento de corroborar la posición final de los implantes, en comparación con la posición planificada en los softwares. Ku, Lee, Lee, Yun y Kim (2022).

A pesar de los avances en los sistemas de planificación y fabricación de guías quirúrgicas, todavía se producen errores. Gaubys, Sakalys, Mantas y Januzis (2021).

Surgiendo la pregunta de:

¿Cómo identificar esas fuentes de error en el proceso que llevan a obtener resultados quirúrgicos diferentes a la planificación virtual realizada?

OBJETIVOS.

General.

- Evidenciar a través de la literatura las diversas fuentes de error que interfieren en el proceso, desde la planificación virtual hasta los resultados quirúrgicos obtenidos en la cirugía implantológica asistida por computador mediante guías estáticas estrictas.

Específicos.

- Identificar las diferentes etapas en el proceso de planificación virtual, desde el escaneo hasta la cirugía.
- Explicar las diversas aristas técnicas, operacionales y del receptor que influyen en cada una de las etapas del proceso.

MATERIALES Y MÉTODO.

Se realiza una búsqueda sistemática de literatura disponible desde 2018 a la fecha de las diversas fuentes de error que interfieren en el proceso de planificación virtual hasta los resultados obtenidos en la cirugía implantológica asistida por computador.

Esta se efectúa en base a bibliotecas electrónicas científicas como, **PUBMED** y **WILEY**. Se incluyen en la búsqueda revisiones sistemáticas, metaanálisis, artículos de revisión y estudios clínicos con el criterio de búsqueda que surgen tras el cuestionamiento del marco teórico: (Identificación de las fuentes de error que influyen desde la planificación virtual hasta resultados quirúrgicos obtenidos).

De la búsqueda bibliográfica y clasificación de la información se procede a una subdivisión de los artículos, de acuerdo con la identificación de los factores que generen fuentes de error. Teniendo como premisa que, para poder encontrar estas fuentes de error es necesario investigar desde la planificación hasta los resultados finales obtenidos.

De la lectura de los artículos, se dejan artículos que abarquen o evalúen el proceso de planificación virtual completo desde el proceso de escaneo hasta la cirugía.

Estrategias de búsqueda.	
Pregunta de investigación. <ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles son las fuentes de error que influyen en los resultados quirúrgicos obtenidos en una cirugía implantológica planificada virtualmente?	
Población.	Pacientes con edentulismo total o parcial tratados con implantes dentales mediante cirugía guiada estática.
Intervención.	Colocación de implantes dentales con cirugía guiada estática.
Comparación.	Planificación virtual prequirúrgica del implante con la posición postquirúrgica real.

Fuentes de búsqueda.	
Lenguaje:	Inglés
Fuentes en línea:	PUBMED, WILEY
Criterios de selección.	
Criterios de inclusión:	<ul style="list-style-type: none"> • Cirugía guiada mediante guías quirúrgicas estáticas estrictas. • Se privilegia búsqueda de revisiones sistemáticas y metaanálisis. • Artículos de revisión. • Estudios clínicos retrospectivos. • Estudios en el idioma inglés. • Estudios en los que la intervención sea realizada en humanos. • Estudios que incluyan pacientes edéntulos totales o parciales mayores de 18 años (maxilar y / o mandíbula).
Criterios de exclusión:	<ul style="list-style-type: none"> • Cirugía Guiada Dinámica. • Navegación quirúrgica. • Guías quirúrgicas estáticas no estrictas. • Casos en los que se estudie otras variables como superposición de imágenes o marcas de escáner. • Ausencia de parámetros objetivos que medir. • Estudios en animales. • Estudios de cadáveres. • Informes de técnicos.

Conceptos clave:	<ul style="list-style-type: none"> - Errors in computer assisted implantology surgery. -Computer assisted implant surgery.
-------------------------	--

RESULTADOS.

De la búsqueda bibliográfica electrónica en los últimos 5 años y clasificación de la información; Para el primer concepto clave: “Errors in computer assisted implantology surgery”, en PUBMED aparecen solo 3 artículos, los cuales no cumplen con los parámetros de búsqueda al ser estudios in vitro o no especificar el proceso de planificación quirúrgico completo.

En WILEY aparecen 13 artículos bajo el concepto, de los cuales solo cumple los parámetros de búsqueda uno, el resto no, al estar fuera de los años de búsqueda y no especificar el proceso de planificación quirúrgico completo.

Al buscar el segundo concepto clave; “Computer assisted implant surgery.”, de un total de 585 artículos de interés y luego de investigar desde la planificación hasta los resultados obtenidos; Se seleccionan 3 revisiones sistemáticas y metaanálisis, 11 revisiones sistemáticas, 7 artículos de revisión, 5 estudios clínicos y 1 estudio cohorte retrospectivo.

Luego del análisis de los textos seleccionados se procede a identificar las diferentes etapas en el proceso, desde la planificación virtual hasta la cirugía, con sus respectivas fuentes de error. Estas etapas abarcan (tabla 1):

Escáner y método de escaneo, Adquisición y manipulación de datos, Planificación virtual, Fabricación de la guía quirúrgica, Técnica intraoperatoria, Factores propios del operador y Factores propios del paciente. Block (2022),

Al yafi, Camenisch y Al-Sabbagh (2019), Tahmaseb et al. (2018), Popescu et al. (2019), Unsal, Turkyilmaz y Lakhia (2020).

Tabla1.

ETAPA.	FUENTE DE ERROR.
1- Escáner y método de escaneo.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de escáner utilizado. • Precisión del escáner. • Movimientos del paciente. • Objetos de alta densidad. • Experiencia del operador. • Secuencia de adquisición de imágenes intraorales.
2- Adquisición y manipulación de datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad y resolución de la imagen. • Precisión del software utilizado. • Fusión de archivos
3- Planificación virtual.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de software de planificación utilizado. • Diseño de la guía quirúrgica.
4- Fabricación de la guía.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de tolerancia de los anillos en la guía quirúrgica. • Ubicación y altura de los anillos en las guías. • Material de la guía. • Impresora 3d.
5- Técnica intraoperatoria.	<ul style="list-style-type: none"> • Soporte y estabilidad de la guía quirúrgica. • Tolerancia de los instrumentos rotatorios. • Sobrecalentamiento durante la osteotomía. • Manejo quirúrgico del cirujano • Uso de reductores. • Visibilidad del operador (visión obstruida del sitio quirúrgico). • Tipo de tejido de sostén. • Rotura de la guía quirúrgica.
6-Propios del operador.	<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia clínica del operador. • Curva de aprendizaje.
7-Propios del paciente.	<ul style="list-style-type: none"> • Apertura bucal. • Grosor de la mucosa. • Resiliencia de la mucosa. • Densidad ósea. • Tabaquismo. • Grosor de la mucosa post anestesia.

1- Escáner y método de escaneo.

Respecto al tipo de escáner y su precisión, Block (2022) en su revisión de la literatura, recopila la información disponible sobre la variabilidad en la precisión de la imagen obtenida dependiendo del tipo de escáner utilizado. Cada escáner de tomografía de haz cónico CBCT utiliza diferentes configuraciones para captar la imagen radiográfica; incluido el tamaño del vóxel y los tiempos de exposición. La fracción de volumen óseo, la densidad ósea y el grosor del hueso trabecular pueden variar de 0,26 a 0,5 mm cuando se comparan diversos tipos de escáner, también el error de las medidas lineales varía de 0,54 mm a 2,56 mm (p. 301).

Muchos autores en sus revisiones bibliográficas como: Chackartchi, Romanos, Parkanyi, Schwarz y Sculean (2022), Tahmaseb et al. (2018), Popescu et al. (2019), Afshari et al. (2022), afirman que los movimientos del paciente durante el proceso de obtención de imágenes CBCT puede causar distorsión de la imagen y degradación de la calidad de la imagen. Las variaciones en la posición de la cabeza al tomar un CBCT pueden resultar en un error dimensional que va de 0,15 a 0,56 mm.

También la presencia de restauraciones metálicas o de alta densidad, así como prótesis fijas en la boca del paciente producen artefactos o distorsiones en el CBCT, lo que impacta negativamente la calidad de la imagen. Aeinehvnad et al (2022), Tahmaseb et al (2018), Al yafi et al (2019), Ilhan et al (2021).

Putra, Yoda, Astuti y Sasaki (2022). En su revisión bibliográfica y metaanálisis, concluyen que el artefacto metálico que emana alrededor de los dientes puede distorsionar la imagen del hueso en el área local. Estos artefactos también generan dificultades en la identificación de marcadores radiográficos y la transferencia precisa de la planificación virtual al sitio quirúrgico. Por lo tanto, estos errores pueden afectar el flujo de trabajo en la planificación de implantes y la fabricación de guías quirúrgicas (p. 36).

Chackartchi et al. (2022), Putra et al. (2022), Kerner et al. (2020), Lo Russo, Ercolib, Guidac, Merlid y Lainoe (2022). En sus revisiones coinciden en que la experiencia del operador y la sensibilidad a la técnica afectan la precisión de las medidas durante el proceso de escaneo óptico intraoral IOS. Esto se debe en parte a la aplicación de polvo contrastador en las superficies dentarias durante el proceso de escaneo intraoral, falta de superficies de apoyo, la estabilidad del escáner intraoral, y la secuencia de adquisición de imágenes referente al desplazamiento del escáner.

Al yafi et al. (2019), También la distancia escaneada afectaba la previsibilidad de la precisión del escáner, y el error aumentaba con el tamaño de la sección escaneada.

2 - Adquisición y manipulación de datos.

Afshari et al. (2022), Aeinehvnad et al. (2022), Chackartchi et al. (2022), al revisar la evidencia disponible en sus trabajos concluyen que los errores en el proceso adquisición de datos dependen del software utilizado y de la precisión y claridad de los archivos DICOM aportados por el CBCT.

Block (2022) y Popescu et al. (2019). La desalineación de los conjuntos de datos puede ocurrir cuando hay un número insuficiente de características comunes fiables en la fusión de datos o registro, provocando errores que llevaran a la fabricación de una guía quirúrgica no coincidente, además de la alteración del eje protésico diseñado, con el eje quirúrgico de la planificación.

Block (2022), La fusión de archivo STL con los datos del escaneo CBCT puede generar un error de hasta 0,29mm (p. 302).

Alves, Silva, Santos, Guerra y Chaves (2019), junto con Ilhan et al. (2019), destacan que durante la adquisición, procesamiento y manipulación de imágenes puede ocurrir un error de aproximadamente 0,5 mm.

Alves et al. (2019) Configuraciones incorrectas en el software pueden generar ligeras deformaciones en las guías quirúrgicas, variando de 0,1 a 0,2 mm provocando errores en la estabilidad de la guía quirúrgica (p.158).

3 - Planificación virtual.

En los trabajos de Patil (2020), Kumar et al. (2021) y Tahmaseb et al. (2018), se coincide en que los sistemas de cirugía guiada de implantes utilizados son importantes para decidir qué software elegir, ya que existe una discrepancia entre los sistemas de implantes disponibles y la cantidad de sistemas admitidos en cada software. El utilizar marcas de implantes similares en proporciones, pero de diferentes marcas es una fuente de error.

Kerner et al. (2020) concluye que no todos los sistemas disponibles permiten planificar y ejecutar virtualmente la colocación de implantes, pero también el diseño individual y la fabricación propia de la guía de perforación solo están disponibles en algunos sistemas de software.

En el trabajo de Flugge, Kramer, Nelson, Nahles y Kerner (2022), dependiendo del sistema de software utilizado, existen opciones limitadas para una configuración virtual, articuladores virtuales y la visualización de una configuración protésica virtual.

Matsumura et al. (2022). También pueden ocurrir errores respecto al diseño virtual de la guía como el inadecuado número de dientes que soporten la guía, número de puntos de anclaje y diseño inadecuado de ventanas posicionales.

4 - Fabricación de la guía.

En gran parte de las publicaciones revisadas; Bae y lee (2021), Ilhan et al. (2021) y block (2022). Afirman que pueden ocurrir errores durante la fabricación de la guía quirúrgica en base al tipo impresión de la guía, el tipo de impresora y en las propiedades del material utilizado para la fabricación de la guía quirúrgica.

También se encontraron errores en el diseño de la guía quirúrgica respecto a la tolerancia o ajuste de los instrumentos rotatorios entre las diversas marcas de kits de cirugía guiada de implantes. Afshari et al. (2022), Mai et al. (2023), Gaubys et al. (2020), Ilhan et al. (2021), Kumar et al. 2021.

La altura y posición de los anillos de la guía quirúrgica deben considerarse cuidadosamente durante la planificación y diseño para reducir errores en el proceso, en relación al eje de inserción de la fresa y la angulación final del implante. Al yafi et al. (2019), Popescu et al. (2018), Apostolakis y kourakis (2019).

Block (2022). Los errores de fabricación de la guía pueden tener un efecto acumulativo, lo que puede generar resultados clínicos desfavorables. Por lo tanto, el diseño final de la guía estática tendrá un efecto significativo en la precisión del resultado final.

5 - Técnica intraoperatoria.

En la revisión sistemática de Aeinehvnad et al. (2022), se indicaron complicaciones y problemas durante la cirugía que ocurrieron debido al proceso quirúrgico, ubicación y posición de la guía quirúrgica.

Chackartchi et al. (2022) en su revisión de la literatura reportó que la tolerancia aumentada de los instrumentos rotatorios dentro del cilindro de la guía de fresa o los anillos metálicos de la guía provocaba errores de precisión y alineamiento durante la osteotomía.

La falta de una irrigación adecuada a través de los anillos y cilindros al lecho quirúrgico debido al contacto reducido del fluido refrigerante con las fresas da como resultado un aumento de la temperatura en la osteotomía. Patil (2022), Popesku et al. (2019), Matsumura et al. (2021), Al yafi et al. (2019).

Mai et al. (2023), Chackartchi et al. (2022), Aeinehvnad et al. (2022), reportaron también restricciones en la visión y acceso quirúrgico, así como complicaciones en la rotura de la guía quirúrgica durante la cirugía y falta de acceso adecuado a la parte posterior de la boca del paciente.

El manejo por parte del cirujano es otro factor que puede generar errores durante la cirugía de implantes como fuerza excesiva y angulación durante el fresado. Además, el tipo de apoyo de la guía quirúrgica (sobre dientes, sobre hueso o sobre tejidos blandos) puede afectar la precisión de la cirugía. Debido a que la falta de estabilidad de la guía quirúrgica provoca dificultad para controlar el contraángulo. Tahmaseb et al. (2018), Popescu et al. (2019), Al yafi et al. (2019), Gaubys et al. (2020), Unsal et al. (2020), Gerhardt et al. (2021) Araujo y Pardal (2022).

Araujo y Pardal (2022). Existen limitaciones para detectar angulaciones en el proceso de perforación por parte del cirujano debido a la estructura cerrada y restrictiva de la guía quirúrgica.

En la revisión sistemática de Bae y Lee (2021), se comparó la precisión de diferentes tipos de guía quirúrgica, concluyendo que las guías osteosoportadas presentan una desviación importante en ángulo, punto de entrada y ápice en comparación con los otros dos modelos muco y dentosoportada.

El uso de guías de fresa tiene limitaciones debido a la apertura bucal del paciente y perjudica la visión adecuada, además de alterar el eje de inserción de la fresa Aeinehvnad et al (2022).

6 -Propios del operador.

En las revisiones de los artículos se señala la influencia de la experiencia clínica del cirujano en la precisión de la inserción del implante. Unsal et al. (2020) y Gaubys et al. (2020).

La cantidad total de inexactitud de ubicación se determina por la suma de errores que ocurren durante todos los pasos previos. Chackartchi et al. (2022).

Hay una curva de aprendizaje para este método y la transición del flujo de trabajo mecánico al flujo de trabajo digital puede ser difícil para algunos cirujanos Gerhardt et al. (2021).

Debe tenerse en cuenta que las desviaciones mayores y las complicaciones importantes, como la lesión de los nervios, pueden ser causadas con más frecuencia por cirujanos novatos y no capacitados. Lo russoa et al. (2022), Gaubys et al. (2020).

7 - Propios del paciente.

Gerhardt, Kreuzer y Shinkai (2021), Unsal et al. (2020). Respecto a los factores propios del paciente los artículos coinciden en que principalmente se deben a limitaciones de apertura bucal dificultando la instalación de las guías, así como el proceso propio de implementación de cada kit quirúrgico de cirugía guiada.

La resiliencia de los tejidos blandos y el grosor de la encía son de suma importancia dependiendo de la estabilización que posea cada guía y el tipo de guía que se utilice. Pandey, Akkara y Dhupar (2022).

Bae y Lee et al. (2021) en su revisión bibliográfica afirma que el grosor del tejido blando en el sitio debe ser inferior a 7 mm para reducir la desviación de la fresa durante la osteotomía.

Otro factor detectado en la revisión de artículos es el aumento de volumen de la mucosa post anestesia y el tabaquismo debido a engrosamientos en la encía. Ku, Lee, Lee, Yun y Kim (2022).

DISCUSIÓN.

Durante la selección y recopilación de la información para determinar las fuentes de error en el proceso, luego de revisar cada artículo seleccionado, se evidenció que en la interpretación de los datos sobre la precisión de los resultados quirúrgicos obtenidos; la dirección de la desviación no se informa consistentemente en los estudios. Mientras algunos autores describen una desviación en dirección horizontal o vertical, otros miden la desviación total en las tres dimensiones de forma combinada. Ya presentando un error en sí.

Estos inconvenientes limitan el análisis de la precisión de la cirugía guiada y los posibles errores que se generen en el proceso.

Mai et al. (2023) y Chackartchi et al. (2022), indicaron que una limitación evidente en sus revisiones sistemáticas fue el escaso número de estudios, debido a la poca investigación en esta área y algunos sesgos.

Respecto a los errores cometidos en el proceso de escaneo para la obtención de datos anatómicos en archivo DICOM, independiente de que tipo de escáner CBCT a usar, es más relevante la calibración de rutina de este. Block (2022).

En la actualidad la tomografía de haz cónico CBCT se usa más comúnmente en comparación con la tomografía computarizada CT, siendo la primera fuente potencial de error al poseer algunas características diferentes entre cada equipo, como la menor dosis de radiación, entre otros. Putra et al. (2022), Tahmaseb et al. (2018).

Kernen et al. (2020), el CBCT tiene una dosis de radiación más baja (92–118 μSv) que la TC (860 μSv) y, por lo tanto, se usa con mayor frecuencia para la planificación de implantes dentales (p. 2).

En la revisión de Block (2022) se compararon 5 escáneres CBCT con 1 escáner CT de grado médico. Encontrando que las diferencias en las mediciones de los

escáneres CBCT tenían una desviación promedio de 0,23 mm, en comparación con las desviaciones de 0,03 mm de un CT estándar de grado médico.

La reducción errores en el proceso depende en gran medida de la calibración, que se refiere a la verificación de que lo virtual coincida con el campo clínico. Primeramente, en la transformación de datos del ámbito clínico a la plataforma digital, y el segundo punto de la planificación digital al entorno físico de la boca de los pacientes. Cada transición conlleva un potencial de errores que pueden influir en la posición final del implante. Block (2022).

También va a depender del posicionamiento adecuado del paciente, la eliminación de artefactos metálicos en el escaneo y el examen minucioso de las imágenes en pacientes con condiciones óseas alteradas, injertos óseos, preservaciones alveolares y el proceso de cicatrización óseo. Chackartchi et al. (2022)

Todos estos son factores se pueden resolver fácilmente en la actividad clínica para disminuir el error de precisión. Por lo tanto, los cirujanos deben obtener una capacitación integral y tener un acabado conocimiento del material técnico y manejo clínico antes de involucrarse en tipos similares de tratamientos avanzados. Block (2022).

En el proceso de escaneado para obtener los archivos STL intraorales, ya sea directamente en boca IOS o a través de modelos de yeso EOS, se detectaron errores potenciales de ambos métodos que aún son susceptibles por varias razones. La distorsión de la impresión que podría ser replicada por el procedimiento EOS, puede dar como resultado una inexactitud del STL producido. Por otro lado, varios estudios también han informado de un error potencial del IOS, como la condición intraoral, el desplazamiento del escáner y la experiencia del operador. Putra et al.(2022).

En el caso de planificar guías mucosoportadas, es preciso confeccionar una guía radiográfica con el duplicado exacto de la prótesis en resina acrílica transparente; comprobar estética, oclusión y sobre todo ajuste a la encía para evitar errores en

el proceso de escaneo debido a falta de estabilidad. Al realizar marcas con material radiopaco (testigos radiográficos) en el modelo duplicado, estos se deben colocar en las zonas con mayor espesor, nunca colocarlos sobre caras oclusales o que puedan afectar la oclusión, procurando que los marcadores vestibulares y linguales no coincidan, lo cual pudiese provocar un método de duplicado impreciso. Kerner et al. (2020).

En la planificación de guías dentosoportadas se reportan imprecisiones en el registro de las imágenes DICOM con el STL. Hay una pequeña desviación de la precisión con todos los procedimientos de escaneo, la fusión de archivos STL con el escaneo CBCT puede generar un error de hasta 0,29 mm. Block (2022)

En cuanto a los tipos de softwares de planificación analizados en esta revisión, la mayoría de los softwares permiten al cirujano manipular las imágenes con controles flexibles y variados. Según el sistema de software utilizado, hay opciones limitadas para una configuración virtual, articuladores virtuales y la visualización de una configuración protésica virtual. Los sistemas de implantes disponibles son importantes para la decisión de qué sistema de software elegir, ya que existe una discrepancia entre los sistemas de implante disponibles y el número de softwares compatibles para estos. Flugge et al. (2022).

Si no se estandarizan los principios específicos en todos los softwares disponibles, como la orientación de los datos de volumen y cómo se crean imágenes de corte transversal. Hacer esto incorrectamente resulta en imágenes que pueden conducir a errores visuales y de medida, ya que no todos los sistemas permiten planificar y ejecutar la colocación de implantes totalmente guiados. El diseño individual y la fabricación propia de la guía de perforación solo están disponibles en algunos sistemas de software. Kerner et al. (2020).

También la experiencia del operador en el diseño de la guía propiamente tal es otro factor, teniendo en cuenta el número de dientes utilizados para soportar y estabilizar la guía y el número de estructuras de refuerzo o pines de anclaje que

sean diseñados para obtener una guía lo mas estable y ajustada posible.

Matsumura et al. (2021).

El tamaño de los anillos y la distancia entre los reductores y la plataforma del implante pueden variar entre diferentes sistemas. Popescu et al. (2019), Al yafi et al. (2019).

Además, si la distancia entre el anillo y el hueso tenía más de 7 mm, se observó una desviación importante en el implante colocado. La longitud del anillo y la fresa insertada en la manga estuvieron involucrados en la desviación. Una fresa de longitud corta y un anillo largo redujeron la desviación al dar mas estabilidad a la fresa. Por lo tanto, para reducir la desviación, la guía quirúrgica debe diseñarse para tener una longitud de anillos suficiente para evitar el movimiento lateral incluso si aumenta la longitud de la fresa de perforación. Bae y Lee (2021).

Respecto a la fabricación de guías quirúrgicas, en las revisiones de Block (2022) y Alves et al. (2019), los modelos impresos que usan procesamiento de luz digital o modelado por deposición fundida pueden dar como resultado diferentes precisiones. El método de procesamiento de luz digital resultó en un modelo impreso más preciso.

Según Afshari et al. (2022) en relación con la fabricación de la guía quirúrgica se identifica que el error durante su impresión típicamente es alrededor de 0,1 a 0,2 mm con estereolitografía.

Dentro de la revisión bibliográfica de Bae y Lee (2021), se comparó las guías quirúrgicas fabricadas por la empresa de implantes (Osstem-Corea), con guías fabricadas por 5 tipos diferentes de impresoras 3D utilizadas en el consultorio, resultando que ninguna de las impresoras 3D fabricó guías quirúrgicas de implantes superiores a las producidas por la fabricante en relación con el ajuste interno y la tolerancia de la guía. Sin embargo, se demuestra que el uso clínico de las impresoras 3D es aceptable. Las desviaciones oscilaron entre 0,09 y 0,25 mm

de error, aunque los autores pensaron que estas diferencias eran clínicamente insignificantes.

En el ámbito intraoperatorio una importante fuente de error en la colocación de implantes se basa en el posicionamiento tridimensional inadecuado de la guía quirúrgica en el paciente y su inmovilidad durante la cirugía, especialmente en pacientes edéntulos. La flexibilidad de las guías quirúrgicas y la falta de un control físico podría ser la causa de estas irregularidades Putra et al. (2022).

En las revisiones de Alves et al. (2019) y Chackartchi et al. (2022), existe una correlación significativa entre el grosor de la mucosa en el sitio de inserción del implante y el grado de desviación, ya que el grosor afecta la reproducibilidad del posicionamiento, así como la estabilidad de la guía.

El uso de pines de anclaje (mínimo 3) estabiliza las guías muco u osteosoportadas asegurando así una adecuada adaptación y reduciendo aún más los errores causados por desajuste de la guía quirúrgica. Patil (2020) y Popescu et al. (2019).

En el análisis de la bibliografía disponible se registró que la fractura de la guía es una de las complicaciones intraoperatorias más frecuentes. La fractura de la guía o la desintegración del anillo de metal pueden darse como resultado de la implementación de fuerza incorrecta o mala angulación por parte del cirujano. Chackartchi et al. (2022) y Aeinehvnad et al. (2022).

Se identifico en los estudios la tolerancia de los instrumentos en la colocación de implantes dentro del anillo de metal de la guía y, por el contrario, si no hay tolerancia el rozamiento generado de los componentes mecánicos dificulta el proceso de osteotomía, lo que puede resultar en la deformación o desintegración de la manga y excesivo calor friccional, coadyubado a la disminución de la capacidad de refrigeración hacia el lecho quirúrgico durante la osteotomía por la misma interposición de los anillos. Tahmaseb et al. (2018), Matsumura et al. (2021) y pandey et al. (2022)

Al colocar y fijar la guía quirúrgica sobre la mucosa, su grosor también puede dar lugar a errores de posición del implante. Estos errores son causados por

imprecisiones anatómicas, radiográficas y de tecnología de fabricación de guías que es poco probable que se eviten en la práctica clínica y, por lo tanto, debido a limitaciones técnicas, el error total de los sistemas de implantes guiados es de al menos 0,5 mm. Bae y Lee (2021), Gerhardt et al. (2021), Ilhan et al. (2021).

Algunos estudios mencionan que la experiencia del cirujano implantador tiene un impacto significativo en la precisión de la inserción del implante. Se encontró que los cirujanos con experiencia lograron errores significativamente menores en el cuello, el ápice y la profundidad del implante. La desviación angular fue mayor en el grupo de cirujanos sin experiencia, pero esto no fue un hallazgo estadísticamente significativo Unsal et al. (2020) y Gaubys et al. (2020).

Si se va a utilizar una guía estática, el cirujano debe asumir la responsabilidad de confirmar su precisión. Esto puede implicar la confirmación de la calidad y precisión de la impresora, o guías de fresado mediante examen directo, ya que es necesario eliminar el exceso de resina del procesamiento de las guías impresas para permitir un ajuste adecuado. El cirujano debe colocar la guía en el paciente para confirmar un ajuste preciso. (Block 2022).

Debe tenerse en cuenta que las desviaciones mayores y las complicaciones importantes, como la lesión de los nervios, pueden ser causadas por cirujanos sin experiencia clínica y no capacitados.

La técnica conlleva una curva de aprendizaje Pravinkumar et al. (2020), Gaubys et al. (2020) Lo russoa et al. (2022).

Mai et al. (2023). Respecto a la situación clínica de paciente, limitaciones en la apertura bucal y un mayor espesor de la mucosa puede afectar la reproducibilidad de la posición, así como el asiento inicial de la guía especialmente para soporte puramente mucoso.

CONCLUSIONES.

Se puede determinar que el “Talón de Aquiles” de la cirugía implanto asistida o guiada, son las discrepancias de angulación del resultado quirúrgico comparado a lo planificado virtualmente.

Es importante señalar que no existe un método quirúrgico perfecto guiado por computadora en este momento y a pesar de los avances en los sistemas de planificación y fabricación de guías quirúrgicas, todavía se producen errores entre las posiciones de implante planificadas e insertadas.

Estos errores ocurren por una variedad de razones, por ejemplo, distorsiones y artefactos de tomografía computarizada preoperatoria, errores de diseño y fabricación de guías quirúrgicas, errores de posición y estabilización de la guía en la cavidad oral, en la osteotomía etc.

El propósito de la cirugía implanto asistida no es el aportar una mejor sobrevida de los implantes, ni tampoco ser más o menos efectivo, sino más bien el lograr la mejor posición final posible para un implante respecto de lo planificado originalmente de manera virtual haciendo coincidir el eje protésico con el quirúrgico.

La precisión de esta técnica depende de la acumulación e interacción de errores involucrados desde la obtención de datos hasta la propia cirugía, por lo tanto, los esfuerzos deben apuntar a disminuir esta brecha procurando minimizar la incorporación de errores, ya sea simplificando el protocolo, o incorporando mayor precisión a lo largo de todo el procedimiento y fundamentalmente un conocimiento acabado de la técnica en todos sus pasos.

Se hace necesario que el implantólogo orqueste adecuadamente el proceso completo. Comunicarse con el laboratorio de manera expedita instruyendo al personal de laboratorio en la técnica, a su vez es primordial que el personal del centro radiológico también tenga conocimiento pleno de las técnicas y maniobras necesarias para cumplir estrictamente con el protocolo del sistema, asegurar una

buena planificación virtual y diseño de guía, una precisa impresión de la guía con el material que tenga mayores ventajas, contar con los tiempos adecuados para no saltarse ningún paso, probar la guía en el paciente previo al acto quirúrgico para corroborar ajuste y diseño, tener pleno conocimiento del protocolo quirúrgico, estar familiarizado con la técnica, lograr una excelente provisionalización para un resultado más predecible disminuyendo a la mínima expresión posible el error acumulativo intrínseco.

REFERENCIAS.

1. -Aeinehvnad, M., Ramezanzade, S., Mirzahoseini, S., Mehryar. P., Yousefi. P., Keyhan. S O., Fallahi. H R. (2022). Is there any complication in guided implant dentistry: A systematic review. *Craniofac Res*, 1(1), 48-61. Retrieved from https://www.craniofacialres.com/wp-content/uploads/2022/08/Art_9_12022.pdf

- 2.- Afshari, A., Shahmohammadi, R., Mosaddad, S., Pesteei, O., Hajmohammadi, E., Rahbar, M., Alam, M., Abbasi,K, (2022). Free-Hand versus Surgical Guide Implant Placement. *Advances in Materials Science and Engineering*, (6491134), 1-12. Retrieved from <https://downloads.hindawi.com/journals/amse/2022/6491134.pdf>

- 3.-Alves, D., Silva, M., Santos, L., Guerra, R., Chaves,H. (2018). Accuracy of computer-guided surgery for dental implant placement in fully edentulous patients: A systematic review. *European Journal of Dentistry*, 12(1),153-160. Retrieved from https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.4103/ejd.ejd_249_17

- 4.- Al Yafi, F., Camenisch, B., Al-Sabbagh,M. (2019). Is Digital Guided Implant Surgery Accurate and Reliable?. *Dent Clin North Am*, 63(3), 381-397. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31097133/>

- 5.- Apostolakis, D., Kourakis, G. (2018). CAD/CAM implant surgical guides: maximum errors in implant positioning attributable to the properties of the metal sleeve/osteotomy drill combination. *International Journal of Implant Dentistry*, 4(34),2-9. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30411253/>

- 6.- Araujo, E., Pardal, B. (2022). Computer-Guided Surgery for Dental Implant Placement: A Systematic Review. *Prosthesis*. 4, 540–553. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2673-1592/4/4/44>

7.- Bae, JH., Lee, SY. (2021). Clinical Precautions for Implant Placement using Computer-guided Implant Surgical Guide: A Systematic Review. *Journal of implantology and applied sciences*, 25(4), 147-157. Retrieved from

<https://www.implantology.or.kr/articles/article/5bNA/>

8.- Block, M. (2023). How to Avoid Errors When Using Navigation to Place Implants – A Narrative Review. *J Oral Maxillofac Surg*, 81(3):299-307. Retrieved from

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36481276/>

9.- Chackartchi, T., Romanos, G., Parkanyi, L., Schwarz, F., Sculean, A. (2022). Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. *Periodontol 2000*, (88), 64-72.

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35103317/>

10.- Colombo, M., Mangano, C., Mijiritsky, E., Krebs, M., Hauschild, U., Fortin, T. (2017). Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health*, 17(150), 2-9. Retrieved from

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29237427/>

11.- Deeb, G., Antonos, L., Tack S., Carrico, C., Laskin, D., Golob, J., (2017). Is Cone-Beam Computed Tomography Always Necessary for Dental Implant Placement?. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(2), 285-289.

Retrieved from

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278239116311727>

12.- Dioguardi, M., Spirito, D., Quarta, C., Sovereto, D., Basile, I., Ballini, A., 2, Caloro, G., Troiano, G., Lo Muzio, L., Mastrangelo, F. (2023). Guided Dental Implant Surgery: Systematic Review. *J Clin Med*, 12(4), 1490. Retrieved from

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36836025/>

13.- D'haese, J., Ackhurst, J., Wismeijer, D., De Bruyn, H., Tahmaseb. A. (2017). Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontology 2000*, 73(1),121-133. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28000275/>

14.- Flügge, T., Kramer, J., Nelson, K., Nahles, S., Kernen, F. (2022). Digital implantology-a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. *BMC Oral Health*, 22(1),2-11.

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35094677/>

15.- Franchini, F., Fuzzi, M., Leone, R., Sorrentino. R. (2022). A Novel Approach to Guided Implant Surgery: A Technical Not. *Prosthesis*. 4(4), 524-539.

Retrieved from <https://www.mdpi.com/2673-1592/4/4/43>

16.- Gaubys, A., Sakalys, D., Krukis, MM., Janužis,G. (2020). Accuracy of dental implants inserted in clinical studies using static implantation guides: a systematic review and a meta-analysis. *Research square*, 1-33. Retrieved from

<https://assets.researchsquare.com/files/rs-24045/v1/5cc273de-515e-406e-9eee-09142c61cdf4.pdf?c=1631833824>

17.- Gallardo, R., da Silva, O., Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L. (2017) Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implant Res*. 28:602-612

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27062555/>

18.- Gerhardt, M., Kreuzer, K., Shinkai, R. (2021). Literature on the accuracy of guided surgery for dental implants: A scoping review. *Journal of osseointegration*, 13(3),127-137. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/354806849_Literature_on_the_accuracy_of_guided_surgery_for_dental_implants_A_scoping_review

19.- Graf, T., Keul, C., Wismeijer, D., Güth, J. (2021). Time and costs related to computer-assisted versus non-computer-assisted implant planning and surgery. A systematic review. *Clin Oral Implants Res*, 21(21):303-317

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34642994/>

20.- Henao, J., Ramos, J., Valencia, C., Adams, I., Rico, C., Escandón, J., Echeverri, D. (2018). Elaboración de un nuevo tipo de guías quirúrgicas para implantes dentales mediante impresión 3D. *Dialnet*, 82 (1), 78-89.

Retrieved from

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6773112>

21.- İlhan, C., Dikmen, M., Yüzbaşıoğlu. (2021). Accuracy and efficiency of digital implant planning and guided implant surgery: An update and review. *E. J Exp Clin Med*. 38(S2): 148-156. Retrieved from

<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1119099>

22.- Jorba. A., González, A., Camps, O., Figueiredo, R., Valmaseda, E. (2021). Accuracy assessment of dynamic computer-aided implant placement: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*, 25(5),2479-2494.

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33635397/>

23.- Kalaivani, G., Rengaswami, V., Manikandan, D., Rohini, G. (2020). Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review. *J Indian Soc Periodontol*, 24(5): 398–408.

Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7592620/>

24.- Kernen, F., Kramer, J., Wanner, L., Wismeijer, D., Nelson, K., Flügge, T. (2020). A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*, 20:251

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32912273/>

25.- Kim, MJ., Jeong, JY., Ryu, J., Jung, S., Park, HJ., Oh HK., Kook, MS. Accuracy of digital surgical guides for dental implants. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 44(35), 2-8. Retrieved from

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36282400/>

26.- Kusum, CK., Varshney, N., Trivedi, A. (2022). Implant guides: A literature review. *SRM J Res Dent Sci*, 13(2), 64-67. Retrieved from

<https://www.srmjrd.in/article.asp?issn=0976433X;year=2022;volume=13;issue=2;page=64;epage=67;aulast=Kusum>

27.- Ku, JK., Lee, J., Lee, HJ., Yun, PH., Kim, YK. (2022). Accuracy of dental implant placement with computer-guided surgery: a retrospective cohort study. *J Exp Clin Med*. 38(S2): 148-156. Retrieved from

<https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-022-02046-z>

28.- Khanna, SS., Munde, BS., Baisane, PM., Shujaulla, S., Tabasum, S., Shamma, M. (2020). Surgical Guides in Implants: A Review. *Saudi J Oral Dent Res*. 5(9).425-430. Retrieved from

https://saudijournals.com/media/articles/SJODR_59_425-430_c.pdf

29.- Kelvin, O., Reyna, B., Gabriel, A. (2021). Estudio sobre el uso de tomografía volumétrica de haz cónico en la confección de guías quirúrgicas para implantes.

Retrieved from <https://repositorio.unibe.edu.do/jspui/handle/123456789/844>

30.- Khorsandi, D., Fahimipour, A., Abasian, P., Ghanavati, S., Ahmad, A., Andrea Amoretti, A., Taghavinezhaddilami, F., Leonova, A., Mohammadinejad, R., Shabani, M., Mazzolai, B., Mattoli, V., Tay, F., Makvandi, P., (2020). 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications. *Acta Biomater*, 1(122), 26-49.

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33359299/>

31.- Kritzler K. (2017). CBCT imaging vs conventional radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 152(2):146-8.

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28760274/>

32.- Lanis, A., Llorens, P., Álvarez, O. (2017). Selecting the appropriate digital planning pathway for computer-guided implant surgery. *Int. Jour. Computerized Dent.*, 75-85. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28294207/>

33.- Li, J., Chen, Z., Dong, B., Wang, H., Yu, H. (2020). A digital workflow with computer-assisted implant planning for fabricating an impression splinting framework and custom tray for multiple implants. *The journal of prosthetic dentistry*, 124(3), 262-269. Retrieved from

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022391319305852>

34.- Lo Russo, L., Ercolub, C., Guidac, L., Merlid, M., Lainoe, L. (2022). Surgical guides for dental implants: measurement of the accuracy using a freeware metrology software program. *J Prosthodont Res*. 67(2):300-304. Retrieved from

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35965064/>

35.- Matsumura, A., Nakano, T., Ono, S., Kaminaka, A., Yatani, H., Kabata, D. (2021). Multivariate analysis of causal factors influencing accuracy of guided implant surgery for partial edentulism: a retrospective clinical study. *International Journal of Implant Dentistry*, 7(28), 2-14. Retrieved from

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8053739/>

36.- Mai, HN., Dam, VV., Lee, DH. (2023). Accuracy of Augmented Reality–Assisted Navigation in Dental Implant Surgery: Systematic Review and Meta-analysis. *J Med Internet Res*, 25(42040), 1-18. Retrieved from

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36598798/>

37.- Oh, KC., Park, JM., Shim, JS., Kima, JH., Kim, JE., Kim, JH. (2019). Assessment of metal sleeve-free 3D-printed implant surgical guides. *Dent Mater* 35(3):468-476. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30685109/>

38.- Oh, J., An, J., Jeong, S., Choi B. (2017). Digital Workflow for Computer-Guided Implant Surgery in Edentulous Patients: A Case Report. *Jour. Oral Maxilof. Surg*, 75(12):2541-2549

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28881181/>

39.- Oliveira, A., Garrido, M., López, E., Jiménez A., Ortiz, I., Velasco, E. (2019). Planificacion de tratamiento con software para cirugía guiada en implantología oral. *Odontoestomatol*, 35(2),1-8. Retrieved from

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852019000200002

40.- Patil, P. (2020). Problems of Guided Implant Surgery. *International Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. 10(4) Retrieved from

<https://www.ijopr.com/doi/IJOPRD/pdf/10.5005/jp-journals-10019-1297>

41.- Popescu, S N., Ciochinda, G., Burlibasa, M., Tanase, Mihai, A., Perieanu, MV., Donciu, I., Andrei, OC., Cristache, CM., Voinescu, I., MD, Ionescu, I., MD, Oancea, L. (2019). Guided surgery technique – review of accuracy and errors. *Revista Medicală Română*. 96(4), 313-317. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/340672914_Guided_surgery_technique_-_review_of_accuracy_and_errors

42.- Pandey,AK., Akkara, F., Dhupar, V. (2022). Efficacy of implant placement with surgical guides in the rehabilitation of the edentulous areas: An observational study and review of literature. *Advances in Oral and Maxillofacial Surgery*. 8(2022),1-6. Retrieved from

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266714762200070X>

43.- Putra, R., Yoda, N., Astuti, ER., Sasaki, K. (2022). 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*. 66(1):29-39. Retrieved from

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33504723/#affiliation-1>

44.- Pimkhaokham, A., Jiaranuchart, S., Kaboosaya. B., Arunjaroensuk, S., Subbalekha, K., Mattheos, M. (2022). Can computer-assisted implant surgery improve clinical outcomes and reduce the frequency and intensity of complications in implant dentistry? A critical review. *Periodontology 2000*. 90:197–223. Retrieved from. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/prd.12458>

45.- Schelbert, T., Gander, T., Blumer, M., Jung, R., Rücker, M., Rostetter, C. (2019). Accuracy of Computer-Guided Template-Based Implant Surgery: A Computed Tomography-Based Clinical Follow-Up Study. *Implant Dent*, 28(6):556-563. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31517650/>

46.- Siqueira, Chen, Galli, Saleh, Wang, Chan (2020). 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*. 22(6):660-671. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32964614/>

47.- Tahmaseb, A., Wu, V., Wismeijer, D., Coucke, W., Evans, C. (2018). The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Impl Res*. 29(16): 416-435. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30328191/>

48.- Tatakis, D., Chien, HH., Parashis, A. (2019). Guided implant surgery risks and their prevention. *Periodontology 2000*. 81(1), 194-208. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/prd.12292>

49.- Unsal, G., Turkyilmaz, I., Lakhia, S. (2020). Advantages and limitations of implant surgery with CAD/CAM surgical guides: A literature review. *J Clin Exp Dent*. 12(4), 409-17. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32382391/>

50.- Varga E Jr, Antal M, Major L, Kiscsatári R, Braunitzer G, Piffkó J. (2020). Guidance means accuracy: A randomized clinical trial on freehand versus guided dental implantation. Clin Oral Implants Res. 31(5):417–30. Retrieved from

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31958166/>

51.- Wei, S., Zhu, Y., Xu Wei, L., Zhang, C., Shi, Y., Lai H. (2021). Accuracy of dynamic navigation in implant surgery: A systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res. 32(4):383-393.

Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33540465/>