



**Universidad
Europea** VALENCIA

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

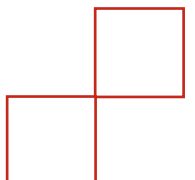
Curso 2024-25

**EXACTITUD DE LA CIRUGÍA GUIADA ESTÁTICA
EN ALVÉOLOS POST-EXTRACCIÓN VS
ALVÉOLOS CICATRIZADOS: REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

Presentado por: Benedetta Valentini

Tutor: Álvaro Canet López

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia
universidadeuropea.com



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor, el Dr. **Álvaro Canet López**, por su orientación experta, su paciencia y valiosos comentarios a lo largo de todo este trabajo.

A mi **madre**, por su presencia constante, incluso a kilómetros de distancia. Gracias por haberme apoyado siempre en los momentos más difíciles, infundiéndome confianza y determinación, gracias por las infinitas llamadas reconfortantes y por no haber dejado nunca de creer en mí. Tu amor ha sido, y sigue siendo, mi mayor fuerza.

A mi **padre**, cuyo orgulloso silencio dice más que mil palabras. Gracias por confiarme el fruto de años de trabajo duro y pasión, por enseñarme que los logros más importantes se reconocen por sí solos, y por mostrarme, con tu ejemplo diario, el valor del compromiso.

A mi **hermana**, mi cómplice: siempre eres un refugio seguro en los momentos más intensos. Gracias por los momentos de confianza y por tus playlists, que siempre han sabido acortar la distancia que nos ha mantenido separadas estos años. Me recuerdas constantemente la importancia de mantenerse auténtica, cultivar las propias pasiones y no tomarse nunca demasiado en serio.

A **Paola**, prima y segunda hermana, que me ha acompañado en cada etapa de la vida. Gracias por tu presencia constante, por tu cariño y por creer en mí. Sobre todo, gracias por la certeza de que este lazo tan especial durará para siempre.

A **Francesca, Roberta, Veronica, Natalia, Marta, Sofia y Sarah**, mis amigas del alma, cada una diferente y única, gracias por ser mi puerto seguro, por la complicidad que nos une y que transforma cada momento en una aventura inolvidable. Gracias por el cariño que me ha sostenido cada día a lo largo de estos años, y por recibirme siempre con los brazos abiertos, haciendo desaparecer cualquier distancia. Llevaré siempre conmigo la suerte de tenerlas a mi lado.

A **“Pergolandia”**, mis amigos, cuya energía hace mi vida más colorida: vuestra alegría supo derribar cada kilómetro que nos separaba. En estos cinco años los he echado de menos cada día, pero la alegría de nuestros reencuentros siempre supo llenar ese vacío. ¡No veo la hora de recuperar el tiempo perdido y crear juntos nuevos recuerdos!

A mis compañeras de piso, **Simona y Alessandra**, con quienes compartí no solo un espacio, sino un pedazo de vida: gracias por haber convertido la convivencia en un camino de crecimiento mutuo, por la paciencia en los momentos de estrés y por las risas que aliviaron los días más difíciles.

A **Chiara, Beatrice, Martina, Camilla, Nicolò, Tommaso, Andrea y Claudio**, compañeros de esta etapa: gracias por vuestra alegría contagiosa, por las pizzas compartidas y por haber hecho de este lugar un espacio de crecimiento y amistad.

Y, por último, dedico este trabajo a **Antonio**: tu ausencia es un vacío profundo que llevo conmigo cada día, pero también una presencia silenciosa que me acompaña en cada instante. Tu entusiasmo por la vida y tu amistad han marcado profundamente este camino, convirtiéndose para mí en una guía hacia la meta. Llevo siempre conmigo tu energía inagotable, tus sueños, y el recuerdo imborrable de tu sonrisa, que seguirá iluminando mi camino —hoy y siempre— hasta la próxima meta. Gracias, por siempre.

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT.....	3
3. PALABRAS CLAVE	5
4. INTRODUCCIÓN.....	7
4.1. Cirugía guiada.....	8
4.2. Cirugía guiada en alveolos post-extracción y cicatrizados	12
5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS.....	16
5.1. JUSTIFICACIÓN	16
5.2. HIPÓTESIS.....	17
6. OBJETIVOS	19
7. MATERIAL Y MÉTODO	21
7.1. Identificación de la pregunta PICO	21
7.2. Criterios de elegibilidad	21
7.3. Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos.....	22
7.4. Proceso de selección de los estudios	23
7.5. Extracción de datos	24
7.6. Valoración de la calidad.....	25
7.7. Síntesis de datos.....	25
8. RESULTADOS.....	27
8.1. Selección de estudios. Flow chart	27
8.2. Análisis de las características de los estudios revisados.....	29
8.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo.....	30
8.4. Síntesis resultados	32
9. DISCUSIÓN	40
10. CONCLUSIONES.....	50
11. BIBLIOGRAFÍA	52
12. ANEXOS	58

1. RESUMEN

Introducción: La cirugía guiada ha revolucionado la implantología al permitir una colocación más exacta de los implantes dentales. Sin embargo, su exactitud puede verse influida por diversos factores, como el tipo de soporte de la férula, el momento de la colocación (inmediata o diferida) y el grado de edentulismo del paciente. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la exactitud de la cirugía guiada estática en términos de desviación coronal, apical, vertical y angular, diferenciando entre implantes inmediatos y diferidos, así como entre pacientes parcial y totalmente desdentados.

Material y método: Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Web of Science y Scopus sobre la exactitud de la cirugía guiada estática en alveolos post-extracción y en alveolos cicatrizados hasta diciembre 2024.

Resultados: De 343 artículos potencialmente elegibles, 11 cumplieron con los criterios de inclusión: 7 artículos realizaban una comparativa entre alveolos post-extracción y alveolos cicatrizados, 4 solo alveolos cicatrizados. En pacientes parcialmente desdentados, los implantes inmediatos presentaron una desviación media de 0,84 mm (coronal), 1,08 mm (apical), 0,48 mm (vertical) y 3,01° (angular); mientras que los implantes diferidos mostraron 0,74 mm, 1,18 mm, 0,36 mm y 3,06° respectivamente. En pacientes totalmente edéntulos, los valores fueron mayores en la colocación inmediata: 1,11 mm (coronal), 1,45 mm (apical), 0,52 mm (vertical) y 3,11° (angular), frente a 1,04 mm (coronal), 1,15 mm (apical) y 2,75° (angular) en los diferidos.

Conclusión: La cirugía guiada estática es una técnica precisa y predecible. Su exactitud es ligeramente mayor en implantes diferidos, sobre todo en pacientes totalmente edéntulos. La presencia de dientes remanentes mejora notablemente la estabilidad de la férula quirúrgica y, con ello, la precisión final del implante.

2. ABSTRACT

Introduction: Guided surgery has revolutionized implantology by enabling more accurate placement of dental implants. However, its accuracy may be influenced by several factors, such as the type of surgical guide support, the timing of implant placement (immediate or delayed), and the degree of edentulism of the patient. This study aims to evaluate the accuracy of static guided surgery in terms of coronal, apical, vertical and angular deviation, distinguishing between immediate and delayed implants, as well as between partially and fully edentulous patients.

Material and Methods: An electronic search was conducted in the PubMed, Web of Science and Scopus databases on the accuracy of static guided surgery in post-extraction sockets and healed sockets up to December 2024.

Results: Of 343 potentially eligible articles, 11 met the inclusion criteria: 7 compared post-extraction and healed sites, and 4 focused only on the healed sites. In partially edentulous patients, immediate implants showed a mean deviation of 0.84 mm (coronal), 1.08 mm (apical), 0.48 mm (vertical) and 3.01° (angular), whereas delayed implants showed 0.74 mm, 1.18 mm, 0.36 mm and 3.06°, respectively. In totally edentulous patients, deviations were higher in immediate placements: 1.11 mm (coronal), 1.45 mm (apical), 0.52 mm (vertical) and 3.11° (angular), compared to 1.04 mm (coronal), 1.15 mm (apical), and 2.75° (angular) in delayed placements.

Conclusions: Static guided surgery is a precise and predictable technique. Its accuracy is slightly higher in delayed implant placement, especially in fully edentulous patients. The presence of remaining teeth significantly improves the stability of surgical guide and, consequently, the final accuracy of the implant.

3. PALABRAS CLAVE

- I. Dental implant
- II. Edentulous
- III. Partially edentulous
- IV. Static Computer-Guided Implantology
- V. Computer-Aided Surgery
- VI. Computer-Aided Flapless implant
- VII. Guided implant
- VIII. Delayed Dental Implant
- IX. Post-Extraction sockets
- X. Delayed Implant Placement
- XI. Immediate Implant Placement
- XII. Treatment Outcome
- XIII. Accuracy
- XIV. Deviation
- XV. Data Accuracy

4. INTRODUCCIÓN

La implantología dental es un área de la odontología en constante desarrollo. Desde la introducción del concepto de osteointegración, los implantes han proporcionado soluciones para remplazar los dientes perdidos en pacientes parcial o totalmente edéntulos (1). Sin embargo, su colocación está determinada por las exigencias estéticas y funcionales del paciente; al mismo tiempo, limitada por las restricciones anatómicas que a menudo se encuentran en proximidad a la posición protéticamente ideal de colocación del implante, la cual, es fundamental para el éxito del tratamiento, ya que un mal posicionamiento puede provocar complicaciones como reabsorción ósea marginal, inflamación, dolor, resultados estéticos desfavorables y por último, fracaso del implante (2).

La osteointegración se define como una conexión estructural y funcional directa entre el hueso y la superficie de un implante (3). La fase inicial de la osteointegración comienza con la perforación del lecho óseo para la colocación del implante, seguido de la inserción del implante de titanio en el lecho implantario. Inmediatamente después de la inserción quirúrgica, se obtiene una interacción entre el implante y el hueso, lo que se conoce como estabilidad primaria. Sucesivamente, ocurre una fijación biológica del implante, que proporciona la estabilidad secundaria. Durante este proceso, el titanio favorece la remodelación ósea en lugar de la resorción, promoviendo un entorno propicio para la osteointegración, se forman fibras óseas organizadas en formación paralela y nuevas osteonas que rodean el implante. Para poder alcanzar estos resultados es fundamental una técnica quirúrgica adecuada (4).

El desarrollo de la implantología también ha estado marcado por mejoras en los materiales, diseños y técnicas quirúrgicas, incluyendo la modificación de las superficies de los implantes para mejorar dicha osteointegración, diseños optimizados para mejorar la estabilidad y adaptabilidad a diferentes tipos de hueso y la introducción de la carga inmediata que permite colocar una prótesis en pocos días, reduciendo el tiempo de espera del paciente sin afectar las tasas de éxito (5).

Técnicas quirúrgicas como la cirugía guiada, logran resultados exitosos, elevan el grado de satisfacción y disminuyen el grado de dolor por parte de los pacientes (6). Y avances digitales con el uso TCHC (Tomografía Computerizada de Haz Cónico) en combinación con los diferentes softwares de planificación han hecho posible planificar virtualmente la posición ideal del implante, teniendo en cuenta las estructuras anatómicas y los requisitos protésicos futuros. Como resultado, este proceso permite la transferencia de la posición virtual planificada del implante desde el ordenador al paciente, consiguiendo realizar de esta forma una cirugía guiada (7).

Hoy en día el edentulismo o ausencia de alguno de los dientes puede considerarse como una enfermedad crónica que afecta las actividades sociales del paciente, ya que la pérdida dental suele generar sentimientos de vergüenza, miedo y negación, haciendo necesario un tratamiento adecuado. En este contexto, las prótesis dentales sobre implantes tienen como objetivo restaurar funciones esenciales como la masticación, el habla, la mordida y la deglución, además de mejorar la estética y los aspectos psicosociales de los pacientes (8).

Por lo tanto, técnicas como la cirugía guiada, que permiten planificar la colocación del implante con una orientación protética antes de la intervención quirúrgica, podrían contribuir a un posicionamiento correcto y al éxito a largo plazo, logrando resultados satisfactorios y mejorando la percepción del tratamiento por parte del paciente (9).

4.1. Cirugía guiada

En la literatura se describen dos tipos de protocolos de cirugía guiada por implantes: estática y dinámica.

Cirugía guiada estática: hace referencia al uso de una plantilla quirúrgica estática. Esta plantilla reproduce la posición virtual del implante directamente a partir de la planificación que hemos realizado en el software de planificación con el TCHC junto el encerado virtual y la transfiere a una guía quirúrgica, la cual utilizaremos durante la cirugía evitando modificaciones intraoperatorias en la posición del implante (10).

Cirugía guiada dinámica: también conocida como navegación, emplea un sistema de navegación quirúrgica que reproduce la posición virtual del implante directamente a partir de los datos del TCHC, permitiendo modificaciones intraoperatorias en la posición del implante (10).

En este estudio nos centraremos en la técnica de cirugía guiada estática.

Existen diferentes métodos de confección de la férula quirúrgica; pueden realizarse en un laboratorio dental mediante tecnologías de diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM). La base para la fabricación de la plantilla quirúrgica es el plan proporcionado por el software de planificación (11) el cual define cuatro parámetros clave que se trasladarán en forma de coordenadas para poder confeccionar la férula:

- posición espacial de cada implante;
- profundidad de colocación;
- ubicación de las anillas quirúrgicas;
- información sobre el resultado protésico y la arquitectura de los tejidos blandos.

La principal desventaja de este enfoque es la cantidad de pasos no digitales necesarios para diseñar y producir la guía quirúrgica, junto con la susceptibilidad a errores humanos que pueden ocurrir en las distintas etapas del procedimiento (10).

Otra forma de crear guías quirúrgicas es mediante el uso de la técnica de prototipado rápido o tecnología de estereolitografía, basadas en imágenes tridimensionales y un diseño en 3D. Estas guías se producen mediante técnicas de fotopolimerización. Este enfoque innovador mejora la precisión y la exactitud en la relación entre la planificación virtual y la colocación real del implante, especialmente en términos de posicionamiento adecuado dentro de la estructura ósea (10).

La cirugía guiada de implantes ofrece una serie de **ventajas** significativas que contribuyen a mejorar los resultados del tratamiento y la experiencia del

paciente. En primer lugar, permite la colaboración de todos los profesionales desde el inicio del proceso, lo que garantiza un diagnóstico integral y una planificación más precisa, resultando en tratamientos más efectivos y seguros. Además, esta técnica minimiza complicaciones graves que pueden surgir durante la cirugía de implantes, como:

- lesiones en estructuras anatómicas críticas, como el seno maxilar o el foramen mentoniano;
- alteraciones nerviosas;
- lesiones en los vasos sanguíneos;
- lesiones en los dientes adyacentes (12).

No obstante, las guías quirúrgicas han revolucionado la implantología dental, al mejorar la precisión de la colocación de implantes y reducir la variabilidad en los resultados clínicos, su uso no está exento de **complicaciones**.

Una de las complicaciones más frecuentes es la falta de acceso en áreas posteriores, lo que impide la correcta inserción de las fresas a través de la guía quirúrgica. En algunos casos, se han reportado fracturas de la guía quirúrgica debido a la fragilidad del material, lo que indica la necesidad de utilizar materiales más resistentes en su fabricación. Otro problema común es la sobreestimación del volumen óseo, lo que ha llevado a la imposibilidad de colocar el implante según lo planificado, afectando aproximadamente al 1,9% de los pacientes (13).

Una forma de poder limitar posibles complicaciones es verificando el ajuste y la correcta colocación de la férula quirúrgica (14); en los pacientes parcialmente desdentados en los que la férula presenta algún apoyo dental, en el momento de confeccionar la férula en el software de planificación se pueden diseñar una ventanas de acceso lateral a nivel oclusal de los dientes adyacentes a la intervención por los cuales será visible el correcto asentamiento de la férula y de esta forma minimizar posibles desviaciones entre la planificación y la colocación final del implante.

En la planificación de pacientes desdentados es de utilidad el uso de un índice de silicona para estabilizar la férula y permitir su fijación en la boca del

paciente antes de iniciar la cirugía, además de añadir en el momento de su diseño unos pines de anclajes intraóseos por vestibular y palatino, minimizando movimientos de la férula durante la intervención (15).

Y también se debe seguir estrictamente el protocolo quirúrgico, que incluye la selección del tamaño del implante y la secuencia de perforación de colocación indicada por la casa comercial según el implante planificado (14).

Según algunos estudios, los **protocolos totalmente guiados** logran una precisión superior y una reducción significativa en las desviaciones tridimensionales entre la posición planificada y la posición real del implante, en comparación con los protocolos parcialmente guiados y la colocación a mano alzada. Se han reportado diferencias en la desviación en la cresta de:

- $0,22 \pm 0,07$ mm en protocolos totalmente guiados;
- $0,69 \pm 0,15$ mm en protocolos parcialmente guiados;
- $0,80 \pm 0,35$ mm en colocación a mano alzada.

Asimismo, las diferencias en la desviación angular fueron de:

- $4,41^\circ$ en colocación a mano alzada;
- $2,11^\circ$ en protocolos parcialmente guiados;
- menor desviación en protocolos totalmente guiados (12).

Efectivamente, en un estudio realizado por Fürhauser y cols. (16), los implantes colocados con precisión tridimensional óptima han mostrado mejores resultados estéticos, sobre todo en los casos donde la desviación era menor a 0,8 mm respecto a la planificación inicial, ya que mantienen mejor la posición de la mucosa periimplantaria y la estabilidad de las papilas interdentes. Por lo tanto, técnicas como la cirugía guiada en la que podamos planificar la colocación del implante protéticamente guiado, previa a la cirugía podría ayudar a su correcto posicionamiento y éxito a largo plazo (9).

Una de las grandes innovaciones de la cirugía guiada es la posibilidad de colocar implantes sin necesidad de **levantar un colgajo**, lo que ayuda a reducir la reabsorción ósea crestal, generalmente asociada con la elevación del colgajo. Esto no solo favorece la conservación del hueso, sino que también contribuye a mantener la estética de los tejidos blandos, permitiendo una mejor conservación

del margen gingival y de la papila interdental, aspectos fundamentales para lograr un resultado final armonioso y natural (17).

Asimismo, el hecho de evitar la elevación del colgajo y el uso de suturas se traduce en una recuperación más rápida y cómoda para el paciente, con menos dolor postoperatorio, menos inflamación y menos sangrado, lo que le permite retomar sus hábitos de higiene oral de manera inmediata.

Por todo esto, la cirugía guiada de implantes se presenta como una técnica innovadora y altamente beneficiosa, tanto para los profesionales de la odontología como para los pacientes, ofreciendo procedimientos más seguros, predecibles y con mejores resultados a largo plazo (7).

4.2. Cirugía guiada en alveolos post-extracción y cicatrizados

Los implantes colocados en alveolos post-extracción, son aquellos en los que el implante se coloca inmediatamente después de la extracción, por ese motivo hay una reducción de los tiempos de tratamiento y se puede mantener la arquitectura periodontal, lo cual es una ventaja si son implantes colocados en la zona anterior, ya que se conseguirán mejores resultados estéticos (16,18).

Se podría realizar una colocación del implante inmediata cuando las condiciones óseas sean óptimas, con suficiente altura y grosor para garantizar una buena estabilidad primaria. A su vez, también presenta una serie de desafíos como la peor estabilidad primaria causada por la variabilidad anatómica del alveolo después de la extracción, por lo tanto, esto debe estar asociado a una planificación cuidadosa y una correcta ejecución de los procedimientos quirúrgicos y protésicos; de esta manera, el cirujano podría reducir el número de factores de riesgo presentes durante la inserción de los implantes en los alveolos post-extracción (18).

La colocación de implantes mediante cirugía guiada puede realizarse tanto en alveolos post-extracción como en alveolos cicatrizados, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. La selección del protocolo más adecuado depende de diversos factores, como la estabilidad primaria, la reabsorción ósea, los resultados estéticos y la predictibilidad clínica.

La **colocación tardía de implantes en alveolos cicatrizados** sigue siendo la opción más predecible en términos de estabilidad primaria y éxito a largo plazo, ya que se inserta en un hueso completamente remodelado y con una densidad ósea optimizada (19), lo que proporciona un sustrato más denso y estable para la inserción del implante. Esta mayor estabilidad primaria favorece la osteointegración y reduce el riesgo de micromovimientos que podrían comprometer la integración del implante (16). Además, disminuye la probabilidad de sufrir reabsorción ósea marginal, un problema común en los implantes colocados de manera inmediata tras la extracción, donde la pared ósea vestibular tiende a perder volumen con rapidez (20). Con este enfoque se pueden planificar procedimientos de regeneración ósea si son necesarios, lo que mejora la predictibilidad de los resultados a largo plazo (19).

En comparación con la colocación tardía, estudios han demostrado que los implantes colocados en alveolos post-extracción tienen una tasa de éxito ligeramente menor, del 93,1%, en comparación con el 99,3% de los implantes colocados en alveolos cicatrizados (19).

A pesar de sus beneficios, la colocación en alveolos cicatrizados también tiene ciertas desventajas. La más evidente es que aumenta el tiempo total de tratamiento (19). En muchos casos, la cicatrización del alveolo puede conllevar una pérdida ósea significativa, lo que puede hacer necesaria una regeneración ósea adicional antes de la colocación del implante (16). Otro aspecto a considerar es que, en algunos pacientes, la reabsorción ósea puede generar una mayor pérdida del contorno gingival, lo que puede comprometer el resultado estético en la zona anterior del maxilar (21).

Desde una perspectiva clínica, la intervención quirúrgica mínimamente invasiva puede facilitar el tratamiento de pacientes que presenten ansiedad o con condiciones médicas comprometidas, como aquellos en tratamiento con anticoagulantes o bifosfonatos. Además, permite la planificación adecuada de una posible restauración provisional, lo que favorecería la cicatrización de los tejidos blandos, así como la restauración inmediata de la función y la estética. Como resultado, el paciente puede retomar sus medidas de higiene oral de inmediato (10).

En la **colocación inmediata de implantes en alveolos post-extracción mediante cirugía guiada**, el implante se coloca inmediatamente después de la extracción, por ese motivo hay una reducción del tiempo necesario para la finalización del tratamiento (18). Este protocolo permite una mejor preservación de la arquitectura ósea y gingival, ya que el implante actúa como un sustituto inmediato de la raíz dental, pudiendo reducir la reabsorción ósea y favoreciendo la estabilidad de los tejidos blandos, lo que resulta en mejores resultados estéticos (16). Por esta razón, la colocación inmediata de implantes ha sido un área de gran interés en la práctica clínica de la implantología (18).

Además, se ha demostrado que la colocación inmediata puede mejorar la satisfacción del paciente, al disminuir el número de visitas y acelerar la rehabilitación funcional (21). Sin embargo, la colocación inmediata presenta algunas limitaciones y desventajas. La principal es que la estabilidad primaria del implante puede verse comprometida (16), causada por la variabilidad anatómica del alveolo después de la extracción, por lo tanto, esto debe estar asociado a una planificación cuidadosa y una correcta ejecución de los procedimientos quirúrgicos y protésicos (22).

Por último, se ha observado que la precisión de la colocación mediante cirugía guiada es fundamental, ya que cualquier desviación en la posición del implante puede afectar la integración ósea y los resultados funcionales y estéticos del tratamiento (21).

Por ello, se va a realizar la siguiente revisión sistemática, analizando el grado de exactitud que presenta la colocación de implantes mediante cirugía totalmente guiada en alveolos post-extracción. Además, se considerará cómo esta exactitud puede variar no solo en función del momento de colocación (inmediata vs diferida), sino también según el tipo de paciente, diferenciando entre aquellos parcial y totalmente edéntulos, dado que la estabilidad de la férula quirúrgica puede verse influida por la presencia o ausencia de dientes remanentes.

5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

5.1. JUSTIFICACIÓN

La implantología oral ha evolucionado significativamente en las últimas décadas gracias al desarrollo de tecnologías avanzadas como la cirugía guiada mediante sistemas CAD/CAM y guías quirúrgicas estáticas. Estas herramientas han transformado la planificación y ejecución de los implantes dentales al mejorar la precisión y reducir complicaciones quirúrgicas (23,24). Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, existen diferencias en las características anatómicas y biomecánicas de los alveolos post-extracción y los alveolos cicatrizados que podrían influir en la precisión de los procedimientos guiados. Los alveolos post-extracción se encuentran en un estado dinámico de cicatrización y remodelación ósea, lo que los hace más impredecibles en comparación con los alveolos cicatrizados, que presentan una morfología más estable y definida (25,26).

La cirugía guiada ha demostrado ser una herramienta altamente efectiva en diversos escenarios clínicos, pero la literatura científica muestra resultados variables en cuanto a su precisión dependiendo de las condiciones específicas del lecho alveolar (27,28). Estudios previos han explorado la exactitud de la cirugía guiada en casos inmediatos y diferidos, destacando que las desviaciones en la angulación, profundidad y posición de los implantes pueden estar influenciadas por el estado del alveolo en el momento del procedimiento y también por la presencia de dientes adyacentes (29,30). Sin embargo, aún existe una brecha de conocimiento sobre cómo estas diferencias afectan la precisión de la cirugía guiada en alveolos post-extracción frente a los alveolos cicatrizados.

La presente revisión sistemática busca abordar esta brecha mediante un análisis de la literatura científica reciente. La revisión sistemática incluirá estudios que evalúen diferentes aspectos de la cirugía guiada, como la desviación angular y lineal, y los resultados clínicos asociados, proporcionando una visión integral sobre las ventajas y limitaciones de esta técnica en cada escenario clínico.

Además, este trabajo contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 3, que busca garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos. En el contexto de la salud oral, este proyecto promueve la implementación de tratamientos basados en evidencia científica, lo que se traduce en procedimientos más seguros, efectivos y sostenibles. Al optimizar la precisión de las técnicas quirúrgicas, se mejora la calidad de vida de los pacientes, reduciendo complicaciones y maximizando los beneficios funcionales y estéticos de los implantes dentales. Asimismo, al demostrar la eficacia de las tecnologías de cirugía guiada en diferentes condiciones clínicas, se fomenta el acceso equitativo a estas innovaciones, promoviendo una atención odontológica más eficiente y accesible para diferentes niveles de recursos.

5.2. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas para la revisión sistemática fueron:

1. La cirugía guiada estática presentará un nivel de exactitud comparable en la colocación de implantes dentales en alveolos post-extracción y en alveolos cicatrizados.
2. Las tasas de complicaciones intra y postoperatorias serán bajas, con bajos índices de dolor e inflamación.
3. Habrá un elevado grado de satisfacción por parte de los pacientes tras la intervención.

6. OBJETIVOS

Objetivo principal

1. Analizar la exactitud de los implantes dentales colocados mediante cirugía guiada estática en alveolos post-extracción versus alveolos cicatrizados, evaluando parámetros como la desviación horizontal coronal (DHC), la desviación apical (DHA), la desviación vertical (DV) y desviación angular (DA) y considerando cómo esta exactitud puede verse influida por el grado de edentulismo del paciente.

Objetivos secundarios

1. Analizar los beneficios, ventajas e inconvenientes de la colocación de implantes dentales mediante cirugía guiada estática en alveolos post-extracción comparados con alveolos cicatrizados, considerando aspectos clínicos, funcionales y estéticos.
2. Evaluar el grado de satisfacción de los pacientes sometidos a la colocación de implantes dentales mediante cirugía guiada estática inmediatamente después de la extracción dentaria y en los alveolos cicatrizados, considerando factores como comodidad, tiempo de tratamiento y percepción de los resultados.

7. MATERIAL Y MÉTODO

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).

7.1. Identificación de la pregunta PICO

Se utilizaron la base de datos Medline-PubMed (United States National Library of Medicine), Scopus y Web of Science para realizar una búsqueda de los artículos sobre la exactitud de la cirugía guiada estática en los alveolos post-extracción comparados con los alveolos cicatrizados, para responder a la pregunta: *¿Qué diferencias existen en términos de exactitud, beneficios, inconvenientes entre la colocación de implantes mediante cirugía guiada estática en alveolos post-extracción y en alveolos cicatrizados?*

La pregunta de estudio se estableció de acuerdo con la pregunta estructurada PICO. El formato de la pregunta se estableció de la siguiente manera:

- **P** (población): pacientes parcial o totalmente desdentados que necesitan implantes dentales.
- **I** (intervención): Cirugía guiada estática con colocación inmediata de implantes en alvéolos post-extracción.
- **C** (comparación): Cirugía guiada estática con colocación de implantes en alvéolos cicatrizados.
- **O** (resultados):
 - O1: Desviación horizontal coronal;
 - O2: Desviación horizontal apical;
 - O3: Desviación vertical;
 - O4: Desviación angular.

7.2. Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión fueron:

- **Tipo de Estudio:** Ensayos clínicos aleatorizado controlado, estudio de cohorte prospectivo y retrospectivo, estudios sobre individuos humanos,

número de participantes ≥ 8 pacientes. Publicaciones en inglés, español o italiano. Publicados hasta noviembre 2024.

- **Tipo de Paciente:** Pacientes adultos con indicación para implantes dentales en alveolos post-extracción o cicatrizados.
- **Tipo de Intervención:** uso de guías quirúrgicas estáticas generadas mediante tecnología CAD/CAM.
- **Tipo de Variables de Resultados:** Estudios que reportan desviaciones angulares, lineares (coronales y apicales) o en profundidad.

Los criterios de exclusión fueron: revisiones, estudios experimentales in vitro y en animales, a propósito de un caso, cartas o cometarios al editor. Además, estudios que no utilizaron tecnología CAD/CAM, que utilizaban técnicas de cirugía guiada dinámica, estudios que no utilizaron cirugía guiada estática, estudios que no especificaron claramente las desviaciones medidas o en los métodos de evaluación la precisión quirúrgica.

No se impusieron restricciones según el año de publicación. Cuando fue necesario, se estableció contacto con los autores para aclarar la información que faltaba.

7.3. Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos

Se llevo a cabo una búsqueda automatizada en las tres bases de datos anteriormente citadas (PubMed, Scopus, Web of Science) con las siguientes palabras clave:

La búsqueda en PubMed fue la siguiente: ((((((edentulous[MeSH Terms]) OR ("Partially edentulous")) OR ("dental implant")) OR ("dental implantation")) AND (((Computer-assisted surgery[MeSH Terms]) OR (Computer-Aided Surgery[MeSH Terms])) OR (Guided implant)) OR (Computer-aided flapless implant))) AND (((delayed guided implant) OR (healed sockets)) OR (delayed dental implant)) OR (healed sites))) AND (((treatment outcome[MeSH Terms]) OR (data accuracy[MeSH Terms])) OR (accuracy)) OR (deviation)) OR (implant deviation)).

La búsqueda en Scopus fue la siguiente: ((TITLE-ABS-KEY (edentulous) OR TITLE-ABS-KEY (partially AND edentulous) OR TITLE-ABS-KEY (dental

AND implant) OR TITLE-ABS-KEY (dental AND implantation))) AND ((TITLE-ABS-KEY (computer-assisted AND surgery) OR TITLE-ABS-KEY (computer-aided AND surgery) OR TITLE-ABS-KEY (guided AND implant) OR TITLE-ABS-KEY (computer-aided AND flapless AND implant))) AND ((TITLE-ABS-KEY (delayed AND guided AND implant) OR TITLE-ABS-KEY (healed AND sockets) OR TITLE-ABS-KEY (delayed AND dental AND implant) OR TITLE-ABS-KEY (healed AND sites))) AND ((TITLE-ABS-KEY (treatment AND outcome) OR TITLE-ABS-KEY (data AND accuracy) OR TITLE-ABS-KEY (accuracy) OR TITLE-ABS-KEY (deviation) OR TITLE-ABS-KEY (implant AND deviation)))).

La búsqueda en Web of Science fue la siguiente: (((TS=(edentulous)) OR TS=("Partially edentulous")) OR TS=("dental implant")) OR TS=("dental implantation")) AND (((TS=(Computer-assisted surgery)) OR TS=(Computer-Aided Surgery)) OR TS=(Guided implant)) OR TS=(Computer-aided flapless implant)) AND (((TS=(delayed guided implant)) OR TS=(healed sockets)) OR TS=(delayed dental implant)) OR TS=(healed sites)) AND (((TS=(Treatment outcome)) OR TS=(data accuracy)) OR TS=(accuracy)) OR TS=(deviation)) OR TS=(implant deviation)).

En la Tabla 1 incluida en el apartado de Anexos se muestra el resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos consultadas.

Con el fin de identificar cualquier estudio elegible que la búsqueda inicial podría haber perdido, se completó la búsqueda con una revisión de las referencias proporcionadas en la bibliografía de cada uno de los estudios.

Por último, se realizó una búsqueda cruzada de artículos potencialmente interesantes para el análisis. Para la adquisición de los artículos que no estaban disponibles en las bases de datos con texto completo se contactó con los autores de estos. Los estudios duplicados fueron eliminados de la revisión.

7.4. Proceso de selección de los estudios

Se realizó un proceso de selección en tres etapas. La selección de los estudios fue llevada a cabo por un revisor (BV). En la primera etapa se filtraba por los títulos con el objetivo de eliminar publicaciones irrelevantes.

En la segunda etapa se filtraba por los resúmenes y se seleccionaba según el tipo de estudio, el tipo de cirugía guiada, variables estudiadas y los pacientes seleccionados. En la tercera y última etapa se realizaba el cribado según el texto completo y se procedió a la extracción de los datos.

7.5. Extracción de datos

La siguiente información fue extraída de los estudios y se dispuso en tablas según las características del procedimiento y las variables evaluadas: autores y año de publicación, tipo de estudio (randomizado controlado, prospectivo, retrospectivo), número de pacientes y sitios implantados, localización, tipo de cirugía utilizada (cirugía guiada estática), desviaciones medidas: corales, apicales, verticales, angulares (en milímetros y grados).

Variable principal

- Exactitud de los implantes dentales colocados mediante cirugía guiada estática en alveolos post-extracción versus alveolos cicatrizados: evaluar parámetros como la desviación coronal, apical, vertical y angular, con el fin de determinar la precisión y predictibilidad de esta técnica.

La forma de medición de esta variable principal de cada estudio se describe en la Tabla 2 en el apartado de Anexos.

Variables secundarias

- Beneficios, ventajas e inconvenientes de la colocación de implantes dentales mediante cirugía guiada estática en alveolos post-extracción respecto a los alveolos cicatrizados, considerando aspectos clínicos, funcionales y estéticos.
- Evaluación del grado de satisfacción de los pacientes sometidos a la colocación de implantes dentales mediante cirugía guiada estática inmediatamente después de la extracción dentaria respecto a la colocación diferida, considerando factores como comodidad, tiempo de tratamiento y percepción de los resultados.

7.6. Valoración de la calidad

La valoración del riesgo de sesgo fue evaluada por un revisor (BV) con el objetivo de analizar la calidad metodológica de los artículos incluidos.

Para la evaluación de la calidad de los estudios clínicos controlados aleatorizados se utilizó la guía Cochrane 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>); las publicaciones fueron consideradas de “bajo riesgo de sesgo” cuando cumplían todos los criterios, “alto riesgo de sesgo” cuando no se cumplía uno o más criterios y por tanto se considera que el estudio presenta un sesgo posible que debilita la fiabilidad de los resultados y “sesgo incierto” (ya fuera por falta de información o incertidumbre sobre el potencial de sesgo).

Para la medición de la calidad de los estudios clínicos no randomizados y estudios de cohorte retrospectiva se utilizó la escala de Newcastle-Ottawa (31); se consideró “bajo riesgo de sesgo” en el caso de una puntuación de estrellas >6 y “alto riesgo de sesgo” en el caso de una puntuación ≤ 6 . Para la medición del riesgo de sesgo del ensayo clínico piloto se utilizó la escala ROBINS-I (32).

7.7. Síntesis de datos

La finalidad fue recopilar y comparar los resultados de las variables estudiadas entre los diferentes estudios, las medias de los valores de las variables principales fueron agrupadas según el grupo de estudio. Se realizó una ponderación de los datos obtenidos sobre las desviaciones de los implantes, con el objetivo de alcanzar resultados más precisos y representativos.

8. RESULTADOS

8.1. Selección de estudios. Flow chart

Se obtuvieron un total 343 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline – PubMed (n=145), SCOPUS (n=124) y Web of Science (n=72).

Se obtuvieron 2 adicionales a través de la búsqueda manual (lista de referencias y fuentes primarias). De estas publicaciones, 15 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por títulos y resúmenes. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados. Como resultado, 11 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incluidos en la presente revisión sistemática (Fig.1). La información relacionada con los artículos excluidos (y razones de su exclusión) se presenta en la Tabla 3.

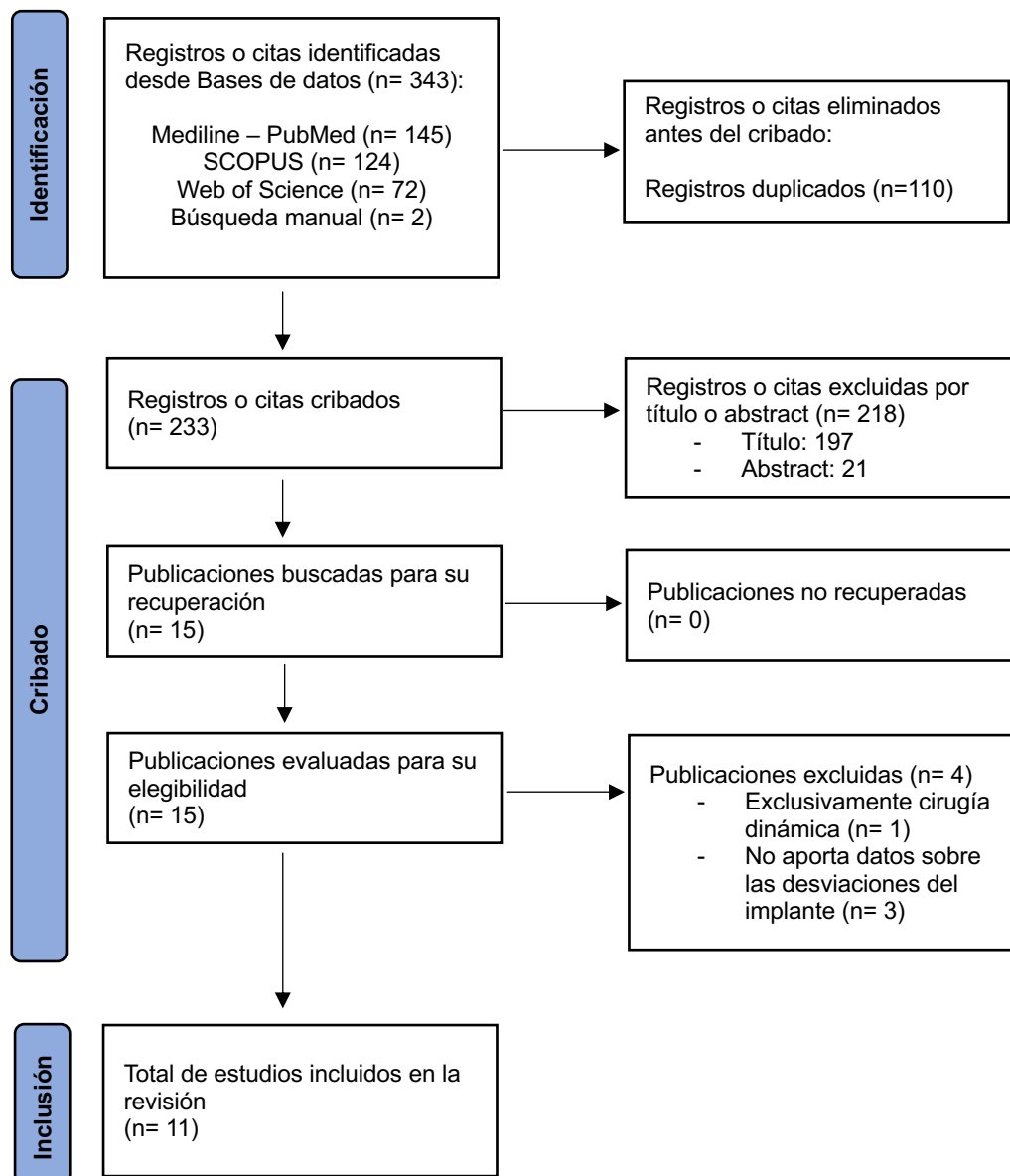


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

Tabla 3: Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

Autor. Año	Publicación	Motivo de exclusión
Pozzi A. 2024 (24)	Clin Implant Dent Relat Res	Cirugía guiada dinámica
Ko K. 2021 (33)	Clin Implant Dent Relat Res	Tasa de supervivencia entre implantes inmediatos y diferidos

Nickenig HJ. 2007 (28)	J Craniomaxillofac Surg	Evaluación de la fiabilidad de la planificación virtual en cirugía guiada
Polizzi G. 2015 (34)	Clin Implant Dent Relat Res	No se centra en la precisión de la cirugía guiada estática.

8.2. Análisis de las características de los estudios revisados

De los 11 artículos incluidos en la presente revisión, 7 artículos realizaban una comparativa entre alveolos post-extracción y alveolos cicatrizados (23,25,27,29,35–37), 4 solo alveolos cicatrizados (16,26,38,39).

De los 11 artículos, 5 fueron retrospectivos (16,27,29,35,37), 2 fueron ensayos clínicos aleatorizados (25,26), 3 estudios clínicos no aleatorizados (23,36,38) y uno un ensayo clínico piloto (39). En los estudios randomizados el paciente fue la unidad de asignación al azar.

Se trataron un total de 277 pacientes y los implantes colocados fueron 530, la colocación fue inmediata y diferida y fue realizada con cirugía guiada estática, aunque algunos también compararon técnicas dinámicas o incluso asistidas por robot.

En la tabla 4 se resumen las principales características metodológicas de los estudios incluidos.

Tabla 4: Características de los estudios revisados.

Variables de las características de los estudios		Totalmente guiada	Otros	Total
Tipo de estudio	Ensayo clínico aleatorizado	2	0	2
	Prospectivo no aleatorizado	3	2	5
	Retrospectivo	3	1	4
Nº de pacientes (rango mínimo- máximo)		8-40	30	9-45
Tipo de colocación	Inmediata	7	0	7
	Diferida	10	1	11
	Inmediata + diferida	7	0	7
Zona	Anterior	3	0	3
	Posterior	2	0	2
	Total (mandíbula o maxilar)	10	1	11

Tipo de férula quirúrgica	CAD/CAM	7	2	9
	CNC fresado	1	0	1
	Prototipada	1	0	1
Tipo de software	NobelClinician	2	0	2
	Materialise	1	0	1
	Mimics / STL / CBCT	4	2	6

En todos los estudios se utilizaba la cirugía guiada estática (16,23,25–27,29,35–39).

Las muestras varían de pacientes parcialmente edéntulos (16,23,26,29,35–37) a totalmente edéntulos en uno de los maxilares o ambos (25,27,38,39) y también pacientes sometidos a reconstrucción mandibular (29).

Varios estudios comparan la colocación inmediata frente a la diferida (25,35,36), mientras que otros evalúan la precisión en función de la técnica empleada: guías estáticas CAD/CAM (35,37,38), solo en el estudio de Shi y cols. (26) se compara la navegación estática, dinámica y asistida por robot.

Algunos estudios se centran en la implantología en la zona anterior, donde la precisión es crucial para la estética (16,23), otros estudian la técnica flapless versus la abierta (27,37). Los estudios reportan desviaciones en puntos críticos: a nivel de la cresta, del ápice, a nivel vertical y en el ángulo del implante.

8.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Para los estudios de cohorte retrospectiva, un bajo riesgo de sesgo fue considerado en los 5 estudios (Tabla 5). Para los estudios clínicos no aleatorizados, un bajo riesgo de sesgo fue considerado en los 3 estudios (Tabla 6). Para los ensayos clínicos aleatorizados, un bajo riesgo de sesgo fue considerado para el estudio de Vercruyssen y cols. (25) y un riesgo incierto para el estudio de Shi y cols. (26) (Tabla 7). Para el ensayo clínico piloto, fue considerado un moderado riesgo de sesgo (Tabla 8).

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comparación exposición	Demostración no presencia variable	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	Total
Fürhauser y cols. 2015 (16)	★	★	★	★	★★	-	★	★	★	9
Alzoubi y cols. 2016 (35)	★	★	★	★	★	-	★	★	★	8
Albiero y cols. 2019 (27)	★	★	★	★	★	-	★	★	★	8
Huang y cols. 2021 (37)	★	★	★	★	★★	★	★	★	★	10
Kang y cols. 2024 (29)	★	★	★	★	★★	★	★	★	★	10

Tabla 5: Medición del riesgo de sesgo de los estudios de cohorte retrospectiva con la escala Newcastle-Ottawa.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comparación exposición	Demostración no presencia variable	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	Total
Fang y cols. 2019 (23)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Zhang y cols. 2021 (36)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Cunha y cols. 2021 (38)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7

Tabla 6: Medición del riesgo de sesgo de los estudios clínicos no aleatorizados con la escala Newcastle-Ottawa.

	Generar secuencia aleatorizada (sesgo selección)	Ocultación de la asignación (sesgo selección)	Cegamiento participantes y personal (sesgo detección)	Cegamiento evaluación de resultados (sesgo detección)	Seguimiento y exclusiones (sesgo deserción)	Descripción selectiva (sesgo notificación)	Otros sesgos
Vercruyssen y cols. 2016 (25)	+	+	+	+	+	+	+
Shi y cols. 2024 (26)	?	?	+	+	+	+	+

Tabla 7: Medición del riesgo de sesgo de los ensayos clínicos aleatorizados según la guía Cochrane.

	Sesgo por factores de confusión	Sesgo en la selección de participantes	Sesgo en la clasificación de intervenciones	Sesgo por desviaciones en el tratamiento	Sesgo por datos incompletos	Sesgo en la medición del desenlace	Sesgo en la selección/reporte del resultado
Chai y cols. 2020 (39)	?	+	+	+	+	+	+

Tabla 8: Medición del riesgo de sesgo del ensayo clínico piloto según la escala ROBINS-I.

8.4. Síntesis resultados

8.4.1. Exactitud de la cirugía guiada estática en alveolos post-extracción

La exactitud de la cirugía guiada estática en alveolos post-extracción fue evaluada en 7 estudios (23,25,27,29,35–37).

Las mediciones de la desviación coronal, apical, vertical y angular se realizaron mediante la superposición de imágenes CBCT obtenidas antes y después del procedimiento, en uno de los estudios se efectuó la medición postoperatoria a una semana (29).

En el estudio de Alzoubi y cols. (35) se reportaron resultados en pacientes que recibieron un solo implante inmediato, evidenciando una desviación coronal de $0,85 \pm 0,65$ mm, una desviación apical de $1,10 \pm 0,65$ mm y una desviación angular de $3,49 \pm 2,46^\circ$, la desviación vertical no fue analizada.

De forma similar, Huang y cols. (37) obtuvieron en el grupo de implantes inmediatos unitarios, una desviación coronal de $0,91 \pm 0,30$ mm, una desviación apical de $1,11 \pm 0,40$ mm, una desviación vertical de $0,47 \pm 0,66$ mm y una desviación angular de $3,24 \pm 1,87^\circ$. Por último, Zhang y cols. (36) evaluaron la colocación inmediata en dientes anteriores, reportaron valores ligeramente inferiores, con una desviación coronal de $0,7 \pm 0,3$ mm, desviación apical de $1,0 \pm 0,4$ mm, desviación vertical de $0,5 \pm 0,3$ mm y una desviación angular de $1,7 \pm 1,0^\circ$.

La agrupación de estos estudios (Tabla 9) refleja medias ponderadas de aproximadamente 0,84 mm en la desviación coronal, 1,08 mm en la desviación apical, 0,48 mm en la desviación vertical y 3,01° en la desviación angular.

En el estudio de Albiero y cols. (27) las desviaciones en pacientes edéntulos fueron de $1,28 \pm 0,59$ mm para la coronal, $1,65 \pm 0,71$ mm para la apical, $0,53 \pm 0,94$ mm para la vertical y $3,42 \pm 1,52^\circ$ para la angular.

En comparación, en el estudio de Vercruyssen y cols. (25), que reportaron únicamente resultados de implantes inmediatos, la desviación coronal fue de 0,9 mm, la desviación apical de 1,2 mm, la desviación vertical de 0,5 mm y la desviación angular de 2,7°.

Al agrupar estos estudios (Tabla 10) se calculó una media ponderada de aproximadamente 1,11 mm para la desviación coronal, 1,45 mm para la desviación apical, 0,52 mm para la desviación vertical y 3,11° para la desviación angular.

Finalmente, en la colocación de implantes inmediatos en pacientes parcialmente desdentados Kang y cols. (29) reportaron una desviación coronal de $4,64 \pm 1,19$ mm, una desviación apical de $5,09 \pm 0,99$ mm, una desviación vertical de $3,24 \pm 1,20$ mm y una desviación angular de $9,11 \pm 3,43^\circ$. Cabe destacar que el estudio de Fang y cols. (23) reportó los datos de exactitud de forma global, sin diferenciar entre implantes colocados post-extracción y aquellos en alveolos cicatrizados, por este motivo no se ha calculado la media ponderada del grupo de pacientes parcialmente desdentados. Los valores fueron 0,46 mm para la desviación coronal, 0,67 mm para la desviación apical, 0,15 mm para la desviación vertical y 1,40° para la desviación angular.

Los resultados descriptivos sobre la exactitud de la cirugía guiada estática para los implantes unitarios colocados en alveolos post-extracción se muestran en la Tabla 9 y para los pacientes totalmente edéntulos en la tabla 10.

Tabla 9: Resultados descriptivos de la exactitud de la cirugía guiada estática para los implantes unitarios en los alveolos post-extracción recogida por los estudios.

ESTUDIO	N de implantes (inmediatos)	Desviación coronal (mm)		Desviación apical (mm)		Desviación vertical (mm)		Desviación angular (°)	
		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Alzoubi y cols. 2016 (35)	25	0,85	0,65	1,1	0,65	-	-	3,49	2,46
Huang y cols. 2021 (37)	29	0,91	0,3	1,11	0,4	0,47	0,66	3,24	1,87
Zhang y cols. 2021 (36)	14	0,7	0,3	1,0	0,4	0,5	0,3	1,7	1,0
TOTAL media ponderada		0,84		1,08		0,48		3,01	

Tabla 10: Resultados descriptivos de la exactitud de la cirugía guiada estática en implantes inmediatos para pacientes totalmente edéntulos recogida por los estudios.

ESTUDIO	N de implantes (inmediatos)	Desviación coronal (mm)		Desviación apical (mm)		Desviación vertical (mm)		Desviación angular (°)	
		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Vercruyssen y cols. 2016 (25)	42	0,9	-	1,2	-	0,5	-	2,7	-
Albiero y cols. 2019 (27)	54	1,28	0,59	1,65	0,71	0,53	0,94	3,42	1,52
TOTAL media ponderada		1,11		1,45		0,52		3,11	

En el grupo de pacientes que recibieron un implante unitario se obtuvo una media ponderada de la desviación coronal de 0,84 mm, una desviación apical de 1,08 mm y una desviación vertical de 0,48 mm, mientras que, en los pacientes edéntulos se registraron valores mayores, alcanzando 1,11 mm, 1,45 mm y 0,52 mm para la desviación coronal, apical y vertical, respectivamente. Con respecto a la desviación angular, ambas condiciones muestran resultados similares, siendo alrededor de 3,01° en los implantes unitarios y 3,11° en rehabilitaciones completas.

8.4.2. Comparación alveolos post-extracción vs alveolos cicatrizados

La comparación entre los alveolos post-extracción y los alveolos cicatrizados fue reportada en 7 estudios (23,25,27,29,35–37), mientras que 4 estudios aportan información únicamente sobre la colocación diferida (16,26,38,39).

En pacientes con una sola ausencia donde se colocó un implante unitario diferido (Tabla 11), los datos disponibles se unieron para calcular las medias ponderadas que indicaron una desviación coronal de 0,74 mm, una desviación apical de 1,18 mm, una desviación vertical de 0,36 mm y una desviación angular de 3,06°.

Asimismo, en el grupo de implantes diferidos en pacientes totalmente edéntulos (Tabla 12), Cunha y cols. (38), Chai y cols. (39) y Albiero y cols. (27) aportaron datos que, al agruparse, indican medias ponderadas de 1,04 mm para la desviación coronal, 1,15 mm para la desviación apical y 2,75° para la desviación angular.

La media ponderada de la desviación vertical no fue calculada porque fue reportada solo en el estudio de Albiero y cols. (27) con un valor de $0,51 \pm 0,74$ mm, mientras que en el estudio de Chai y cols. (39) se incluyó en las desviaciones coronal y apical globales.

En cambio, para pacientes parcialmente desdentados se dispone únicamente de los datos de implantación diferida del estudio de Kang y cols. (29), ya que en su estudio Fang y cols. (23) únicamente reportaron resultados globales para implantes inmediatos y diferidos. En el caso de Kang y cols. (29) se registraron desviaciones de $0,95 \pm 0,47$ mm para la coronal, $1,46 \pm 1,09$ mm para la apical, $0,69 \pm 0,17$ mm para la vertical y $3,02 \pm 1,59^\circ$ para la angular.

Los resultados descriptivos sobre la exactitud de la cirugía guiada estática para los implantes unitarios colocados en alveolos cicatrizados se muestran en la Tabla 11 y para los pacientes totalmente edéntulos en la tabla 12.

Tabla 11: Resultados descriptivos de la exactitud de la cirugía guiada estática para los implantes unitarios en los alveolos cicatrizados recogida por los estudios.

ESTUDIO	N de implantes (diferidos)	Desviación coronal (mm)		Desviación apical (mm)		Desviación vertical (mm)		Desviación angular (°)	
		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Fürhauser y cols. 2015 (16)	27	0,84	0,44	1,16	0,69	-	-	2,7	2,6
Alzoubi y cols. 2016 (35)	15	0,88	0,43	1,59	1,01	-	-	4,29	2,83
Huang y cols. 2021 (37)	23	0,80	0,37	1,16	0,38	0,33	0,68	3,42	1,36
Zhang y cols. 2021 (36)	16	0,5	0,3	1,0	0,5	0,4	0,3	2,0	1,1
Shi y cols. 2024 (26)	15	0,6	0,7	1,0	1,3	-	-	-	-
TOTAL media ponderada		0,74		1,18		0,36		3,06	

Tabla 12: Resultados descriptivos de la exactitud de la cirugía guiada estática en implantes diferidos para pacientes totalmente edéntulos recogida por los estudios.

ESTUDIO	N de implantes (diferidos)	Desviación coronal (mm)		Desviación apical (mm)		Desviación vertical (mm)		Desviación angular (°)	
		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Albiero y cols. 2019 (27)	6	1,12	0,52	1,36	0,68	0,51	0,74	3,16	1,79
Chai y cols. 2020 (39)	44	1,53	0,48	1,58	0,49	-	-	3,69	3,05
Cunha y cols. 2021 (38)	61	0,68	0,36	0,82	0,39	-	-	2,04	1,21
TOTAL media ponderada		1,04		1,15				2,75	

En la comparación de implantes unitarios, en los alveolos post-extracción (Tabla 9) se obtuvo una media ponderada de 0,84 mm para la desviación coronal, 1,08 mm para la apical, 0,48 para la vertical y 3,01° para la angular, mientras que en los implantes unitarios colocados en alveolos cicatrizados (Tabla 11) se registraron 0,74 mm, 1,18 mm, 0,36 mm y 3,06° respectivamente. Esto indica que la desviación coronal y vertical son ligeramente menores en la colocación diferida, la diferencia en la desviación angular es mínima y la desviación apical es algo mayor en los diferidos.

Por otro lado, en pacientes totalmente edéntulos en los que se hizo una rehabilitación completa, los implantes inmediatos (Tabla 10) presentaron medias ponderadas de 1,11 mm coronal, 1,45 mm apical, 0,52 mm vertical y 3,11° angular, en comparación con los implantes diferidos en el mismo grupo (Tabla 12), que mostraron valores de 1,04 mm (coronal), 1,15 mm (apical) y 2,75° (angular), lo que indica una mejora en los parámetros apical y angular en la técnica diferida.

8.4.3. Implicaciones clínicas y estética

Respecto a la estética, en un estudio que evaluó la precisión 3D en la cirugía guiada sin colgajo para implantes unitarios anteriores, la desviación coronal promedio fue de 0,84 mm. Dicho valor se correlacionó inversamente con el Pink Esthetic Score (PES), de modo que desviaciones superiores a 0,8 mm resultaron en puntuaciones estéticas más bajas (16).

Además, el mismo autor reportó que la técnica sin levantamiento de colgajo mostró ventajas significativas en la conservación de las papilas mesial ($p<.001$) y distal ($p=.010$), así como en el mantenimiento del contorno natural de los tejidos blandos ($p=.004$) (16).

En el estudio de Zhang y cols. (36) se evidenció que la cirugía guiada estática en implantes unitarios, obtuvo desviaciones medias de $0,6 \pm 0,3$ mm en la región coronal, $1,0 \pm 0,4$ mm en la región apical, $0,4 \pm 0,3$ mm en profundidad y una desviación angular de $1,9 \pm 1,1^\circ$, lo que contribuyó a la estabilidad clínica y a resultados estéticos predecibles, especialmente en el contexto de restauraciones provisionales inmediatas prefabricadas.

8.4.4. Percepción del paciente y confort postoperatorio

En el estudio clínico aleatorizado de Vercruyssen y cols. (25) la comparación entre carga inmediata y diferida en rehabilitaciones completas, no mostró diferencias estadísticamente significativas en términos de respuesta al dolor (medida con la escala visual analógica, VAS), cantidad de analgésico requeridos y calidad de vida relacionada con la salud oral (HRQOL). Sin embargo, se observó una tendencia a una mayor incomodidad en el grupo de carga diferida, la cual se reflejó en una reducción del dolor después del día 6, en contraste con el día 2 en el grupo de carga inmediata. La inflamación disminuyó desde el día 4 en la carga diferida, mientras que en la inmediata se redujo a partir del día 3. El uso de medicación se redujo de forma similar, después del día 6 en carga diferida y después del día 3 en carga inmediata (25).

El estudio de Zhang y cols. (36) indicó que la técnica sin colgajo para implantes unitarios, permitió instalar prótesis provisionales prefabricadas sin necesidad de ajustes importantes, lo cual contribuyó a reducir el tiempo postoperatorio y aumentar el confort del paciente.

9. DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática proporciona información basada en la evidencia científica sobre los resultados de la exactitud de la cirugía guiada estática en los alveolos post-extracción comparados con los alveolos cicatrizados. El objetivo de esta revisión fue evaluar parámetros como la desviación coronal (DHC), la desviación horizontal apical (DHA), la desviación vertical (DV) y la desviación angular (DA) en los implantes inmediatos y diferidos; y de forma secundaria estudiar los aspectos clínicos, funcionales y estéticos, así como la satisfacción del paciente en los dos tipos de colocación.

9.1. Exactitud de la cirugía guiada estática

En términos generales, los resultados muestran que la cirugía guiada estática ofrece una precisión similar en la colocación de implantes inmediatos y diferidos. Los datos recopilados permitieron observar que el grado de edentulismo del paciente influye de forma notable en la precisión, especialmente en relación con la estabilidad de la férula quirúrgica. Las desviaciones promedio observadas fueron bajas en ambos tiempos de colocación, con diferencias mínimas entre uno y otro. Por ejemplo, en el caso de implantes unitarios, un estudio clínico reportó desviaciones medias de aproximadamente 0,8 mm a nivel coronal y 1,1 mm a nivel apical para implantes colocados de forma inmediata, frente a 0,9 mm y 1,6 mm respectivamente en implantes diferidos. De manera similar, la desviación angular osciló entre los 3° - 4° en ambos grupos (35). Estas diferencias numéricas fueron pequeñas y, en la mayoría de los casos, no alcanzaron significación estadística, lo que indica que el momento de la colocación, inmediata o diferida, no afecta sustancialmente la exactitud cuando se emplea una guía estática.

Al analizar por tipo de paciente, se observa la misma tendencia en cada grupo evaluado. En pacientes parcialmente desdentados, las desviaciones coronales y apicales de los implantes inmediatos coincidieron con las de los implantes diferidos, mostrando diferencias mínimas, lo mismo sucedió con la desviación angular. Por su parte, en pacientes completamente edéntulos, las desviaciones registradas fueron ligeramente mayores en términos absolutos que

las de casos con dientes remanentes, pero no se apreciaron diferencias consistentes entre las colocaciones inmediatas y diferidas.

En conjunto, los hallazgos principales de esta revisión sistemática indicaron que la utilización de guías quirúrgicas estáticas permite alcanzar niveles de exactitud muy similares en la inserción de implantes inmediatos y diferidos, independientemente del escenario clínico considerado.

9.2. Pacientes parcialmente desdentados

En pacientes parcialmente edéntulos, la férula quirúrgica se apoya generalmente en dientes remanentes, lo que favorece una mayor exactitud en la colocación de los implantes. En los resultados de la presente revisión sistemática, los implantes diferidos mostraron una desviación media coronal de 0,74 mm, apical de 1,18 mm, vertical de 0,36 mm y angular de 3,06°, mientras que en los inmediatos las desviaciones fueron de 0,84 mm, 1,08 mm, 0,48 mm y 3,01° respectivamente. Aunque las diferencias fueron pequeñas y no estadísticamente significativas, se observó una ligera tendencia a mayor desviación vertical en la colocación inmediata.

Estos resultados coinciden con los datos reportados por Putra y cols. (40), quienes realizaron una revisión sistemática con metaanálisis incluyendo más de 1.300 implantes en pacientes parcialmente desdentados. Encontraron que la cirugía totalmente guiada fue más precisa que la parcialmente guiada y que los espacios edéntulos limitados por dientes presentaban desviaciones menores que los de extensión distal.

Asimismo, Derksen y cols. (41), reportaron en una cohorte prospectiva que la cirugía guiada en pacientes parcialmente edéntulos con férulas dento-soportadas mostró desviaciones similares a las observadas en la presente revisión sistemática: 0,75 mm en el punto de entrada, 1,06 mm en el ápice y 2,72° de desviación angular, destacando la influencia de factores como la longitud del implante, la interferencia cortical y el número de dientes adyacentes.

Del mismo modo, Chen y cols. (42) demostraron que los implantes colocados en alveolos post-extracción presentaban desviaciones un 50%

mayores que los diferidos, siendo la cirugía totalmente guiada la que ofrecía mejores resultados en ambos casos.

Tahmaseb y cols. (43), en su metaanálisis con más de 2.000 implantes, observaron que los errores eran sistemáticamente menores en pacientes parcialmente edéntulos, con una media de 1,2 mm en el punto de entrada y 1,4 mm en el ápice, y una desviación angular media de 3,5°. También reportó un error medio en la altura del implante de 0,2 mm en el punto de entrada y 0,5 mm en el ápice, valores que reflejan una buena precisión en la dimensión vertical. Esta precisión fue claramente superior a la observada en pacientes totalmente desdentados, donde el soporte de la guía es más inestable.

Otro factor técnico que puede influir en la exactitud de la cirugía guiada estática es el diseño de los manguitos de la férula quirúrgica, tal como demostró Li y cols. (44) en un estudio in vitro. En dicho trabajo, se comparó la precisión obtenida con plantillas quirúrgicas de manguito abierto frente a cerrado, observándose diferencias dependientes del tipo de sitio quirúrgico. En modelos con sitios cicatrizados, los manguitos cerrados mostraron menor desviación en todos los parámetros analizados, incluyendo desviación coronal (0,28 mm vs 0,44 mm), apical (0,64 mm vs 0,94 mm), vertical (0,19 mm vs 0,23 mm) y angular (1,83° vs 2,86°). En cambio, en los alveolos post-extracción, los resultados fueron más equilibrados, con una leve superioridad de los manguitos abiertos en términos de desviación angular (2,95° vs 3,07°) y apical. Estos hallazgos sugieren que el tipo de manguito puede ser un elemento clave en la elección de la guía quirúrgica, y su selección debería ajustarse al tipo de alveolo y a las condiciones clínicas del paciente. Así, en sitios cicatrizados podría preferirse el uso de manguitos cerrados por su mayor control, mientras que, en colocaciones inmediatas, los manguitos abiertos podrían facilitar el acceso y visibilidad sin comprometer significativamente la precisión.

En los casos de implantes unitarios, la estabilidad de la guía quirúrgica depende también del soporte dentario circundante, pero la precisión se ve afectada por la dificultad inherente a la colocación inmediata, especialmente en zonas estéticas como el sector anterior del maxilar.

Li y cols. (45), compararon la cirugía estática y robótica en implantes

inmediatos anteriores, y encontraron en el grupo con cirugía guiada estática desviaciones coronales globales de $1,01 \pm 0,41$ mm, verticales de $0,67 \pm 0,49$ mm (coronal) y $0,60 \pm 0,42$ mm (apical), apicales de $1,24 \pm 0,52$ mm, así como una desviación angular de $2,94 \pm 1,71^\circ$.

Por su parte, Smitkarn y cols. (45), también observaron que la cirugía guiada estática mejoraba significativamente la precisión en implantes unitarios diferidos respecto a la técnica libre, con desviaciones de 0,9 mm (coronal), 1,2 mm (apical), 0,6 mm (vertical) y $2,8^\circ$ (angular), muy similares a las obtenidas en el presente trabajo.

Chen y cols. (46), en un estudio en cadáveres, confirmaron la superioridad de la cirugía guiada respecto a la técnica libre en la colocación inmediata, pero también destacaron una tendencia sistemática al desplazamiento bucal del implante incluso con cirugía guiada, fenómeno atribuido a la morfología del alveolo post-extracción.

Finalmente, la revisión sistemática de Bover-Ramos y cols. (47), evidenció que, en estudios clínicos, la cirugía totalmente guiada presenta mejores resultados que la parcialmente guiada, especialmente en términos de desviación angular, lo que refuerza el uso de guías completas en implantes unitarios inmediatos para minimizar errores.

9.3. Pacientes totalmente desdentados

En el caso de pacientes completamente edéntulos, los implantes colocados de forma diferida mostraron en esta revisión sistemática desviaciones coronales de 1,04 mm, apicales de 1,15 mm y angulares de $2,75^\circ$. En los implantes inmediatos, las desviaciones aumentaron a 1,11 mm, 1,45 mm y $3,11^\circ$, respectivamente. Esta diferencia, aunque moderada, sugiere que la cirugía guiada estática es más precisa cuando se realiza en sitios cicatrizados, probablemente debido a una mayor estabilidad de la férula quirúrgica en ausencia de alteraciones anatómicas recientes, como los cambios post-extracción. En cuanto a la desviación vertical, es importante señalar que no se pudieron calcular las medias ponderadas completas para todos los subgrupos analizados, ya que varios de los estudios incluidos no reportaban este parámetro

de forma separada o explícita.

Estos resultados son consistentes con múltiples estudios de la literatura. Por ejemplo, Ozan y cols. (48) compararon tres tipos de guías quirúrgicas (soporte dentario, óseo, mucoso) y observaron que las guías muco-suportadas, utilizadas comúnmente en pacientes totalmente edéntulos, presentaron una desviación angular de $4,51^\circ$, mayor que la observada en férulas con soporte dentario, que fue de $2,91^\circ$.

De forma similar, Van Assche y cols. (17), en una revisión sistemática sobre la precisión de la cirugía guiada, reportaron desviaciones medias de 0,99 mm en el punto de entrada, 1,24 mm en el ápice, 0,46 en profundidad y $3,81^\circ$ de desviación angular, siendo mayores en férulas mucoso-suportadas respecto a las dento-suportadas.

Laleman y cols. (49) evaluaron específicamente la cirugía guiada en el maxilar edéntulos y encontraron desviaciones medias de 1,1 mm en el punto de entrada, 1,4 mm en el ápice y una desviación angular de $3,9^\circ$, cifras muy similares a las obtenidas en este trabajo para implantes diferidos en pacientes totalmente edéntulos. Estos resultados confirman que, aunque la cirugía guiada ofrece un alto grado de precisión, existen limitaciones inherentes al soporte mucoso, especialmente en el contexto de colocación inmediata.

Por su parte, Vasak y cols. (50), demostraron que la precisión en la colocación de implantes está relacionada con el grosor de la mucosa, siendo esta más variable y deformable que el soporte óseo o dentario. En su estudio, las desviaciones en guías mucoso-suportadas fueron más altas, especialmente en la región posterior del maxilar.

Además, el estudio de Al-Harbi & Sun (51) mostró que el uso de férulas estereolitográficas en arcos totalmente edéntulos resultó en una desviación angular promedio de $0,46^\circ$ a $0,7^\circ$ por plano, con un 85% de los implantes colocados a menos de 1 mm del punto planificado. Aunque estos resultados fueron medidos in vitro con tecnología CMM (coordinate measuring machine) respaldan la fiabilidad de la cirugía guiada cuando se utilizan férulas bien adaptadas.

Bover-Ramos y cols. (47), concluyeron en su metaanálisis que la cirugía totalmente guiada ofrecía una mejor precisión que la cirugía parcial, y que las desviaciones angulares y apicales eran mayores en estudios clínicos respecto a los in vitro. En pacientes edéntulos, la precisión depende en gran medida de la estabilidad de la férula quirúrgica y del protocolo seguido (uso de pines, tipo de guía, soporte).

Schneider y cols. (13), en su revisión sistemática, establecieron una media de 1,07 mm en el punto de entrada y 1,63 mm en el ápice, destacando que las guías mucoso-suportadas presentan mayores errores que las dento-soportadas. En particular, los estudios in vivo mostraban las mayores desviaciones, con tendencia a errores angulares superiores a 4° en ausencia de soporte rígido.

Chen y cols. (46), también mostraron como la guía quirúrgica perdía estabilidad relativa en modelos con alveolos post-extracción, especialmente cuando no se utilizaban sistemas de fijación adicionales como pines.

En cuanto al tipo de guía, tanto Li y cols. (44) como Chen y cols. (42) destacan que las férulas de tipo “open-sleeve” pueden ofrecer ventajas en términos de visibilidad y acceso en alveolos post-extracción, pero también podrían comprometer la exactitud si no se aseguran adecuadamente. En general, las férulas cerradas mostraron mejores resultados en sitios cicatrizados, mientras que las abiertas funcionaron mejor en alveolos post-extracción.

9.4. Estética y satisfacción del paciente

Varios estudios han subrayado la importancia de lograr resultados estéticos favorables y una alta satisfacción del paciente. Para ello, es clave que la posición del implante respete la emergencia protésica, la papila y el contorno gingival, especialmente en la zona anterior.

En una revisión reciente, Markovic y cols. (52) enfatizaron que incluso desviaciones <1 mm pueden tener repercusiones estéticas apreciables, comprometiendo la armonía de la encía libre en pacientes con sonrisa alta.

Estos hallazgos coinciden con los de Fürhauser y cols. (16), donde se estableció una correlación significativa entre desviaciones 3D a nivel coronal y

el Pink Esthetic Score (PES). Concretamente, desviaciones $<0,8$ mm implicaban una disminución notable en la puntuación PES, lo que indica un mayor riesgo de discrepancias estéticas en la arquitectura gingival.

Por otro lado, la satisfacción del paciente en cirugía guiada inmediata o diferida se ha evaluada en estudios como el de Vercruyssen y cols. (25), donde no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de dolor postoperatorio ni en la calidad de vida relacionada con la salud oral al comparar ambos protocolos. No obstante, Derksen y cols. (41) apuntaron que, en la colocación de implantes inmediatos bien planificadas, la reducción del tiempo quirúrgico y la posibilidad de restauraciones provisionales tempranas pueden traducirse en una mejor percepción del paciente respecto a la comodidad y la rapidez del tratamiento, siempre y cuando se mantenga la exactitud de la posición implantaría.

En las zonas de alta exigencia estética, como por ejemplo incisivos y caninos, varios autores (23,36,37) han descrito el uso de guías CAD/CAM totalmente guiadas para la colocación inmediata de implantes, con el fin de preservar la morfología del tejido blando y minimizar la manipulación quirúrgica. Estas investigaciones respaldan la idea de que, si la guía se adapta con solidez y se respetan los protocolos, pueden alcanzarse resultados estéticos altamente predictibles, con Pink Esthetic Score elevados y una alta valoración subjetiva del paciente.

9.5. Limitaciones del estudio

Una de las principales limitaciones que se observan en los estudios incluidos radica en la variabilidad de métodos: algunos emplean guías impresas en 3D, mientras que otros las combinan con protocolos diferentes, por ejemplo, cargas inmediatas con prótesis provisionales prefabricadas. Además, no todos los estudios reportaron la desviación vertical de forma explícita, lo que limitó el análisis cuantitativo completo de esta variable. En algunos casos, los datos sobre desviación en profundidad estaban integrados dentro de otras mediciones o no se especificaba la dimensión a la que correspondían, impidiendo calcular medias ponderadas en ciertos subgrupos.

Aunque se han incluido ensayos clínicos, buena parte de la literatura consultada se basa en estudios retrospectivos y prospectivos de muestra reducida.

Además, la falta de ensayos clínicos aleatorizados con suficiente tamaño muestral en grupos específicos, por ejemplo, pacientes parcialmente edéntulos con protocolo diferido, limita la fuerza de la evidencia. Varios artículos se centran en la precisión medida inmediatamente después de la colocación del implante a corto plazo.

Sin embargo, no todos proporcionan datos sobre la estabilidad a largo plazo ni la evolución de la posible reabsorción ósea. Esto restringe la posibilidad de conocer si unas desviaciones iniciales mayores podrían conllevar complicaciones o fracasos en el futuro, en especial en pacientes con anatomías complejas.

Aunque se pretende abarcar la comparación de alveolos post-extracción y alveolos cicatrizados, no todos los trabajos separan claramente estos grupos, esto obliga a excluir ciertos artículos. Por consiguiente, algunos grupos, como por ejemplo parcialmente desdentados con protocolo diferido, quedan representados por un número muy limitado de estudios.

La cirugía guiada depende en gran medida de la experiencia del operador en el manejo del software de planificación, la confección de la férula quirúrgica y la ejecución de la cirugía en sí. Muchos estudios no informan o miden de manera objetiva la curva de aprendizaje ni el nivel de experiencia de los cirujanos. Esto introduce un factor adicional que puede explicar las diferencias en la exactitud entre estudios.

9.6. Implicaciones clínicas y futuras líneas de investigación

Estos resultados remarcan la importancia de un enfoque protésicamente guiado, sea inmediato o diferido, para situar el implante en una posición que respete la futura estética y función. Incluso pequeñas diferencias (≤ 1 mm) en la región coronal pueden tener consecuencias en el contorno de los tejidos blandos, especialmente en la zona anterior. Además, hay la necesidad de estandarizar los protocolos de medición y de confección de la guía quirúrgica, para que

los futuros ensayos, especialmente ensayos clínicos aleatorizados, cuenten con metodologías más homogéneas y permitan comparar de manera más confiable la exactitud inmediata y la diferida.

Los estudios encontrados presentan un nivel de evidencia limitado, por lo que se considera necesario que futuras investigaciones se diseñen con metodologías más rigurosas que aporten un mayor grado de evidencia.

10. CONCLUSIONES

Conclusiones principales

- 1- La cirugía guiada estática permite una colocación de implantes precisa y predecible tanto en alveolos post-extracción como en alveolos cicatrizados, siendo ligeramente más exacta en alveolos cicatrizados de pacientes parcialmente desdentados.

Conclusiones secundarias

- 1- Los resultados estéticos están directamente relacionados con la exactitud quirúrgica, especialmente en el sector anterior. Factores como el tipo de soporte de la férula o la secuencia quirúrgica pueden afectar a la exactitud de los implantes, lo que justifica la necesidad de una planificación rigurosa y personalizada.
- 2- La satisfacción del paciente fue alta en ambos casos, en particular en aquellos tratados mediante cirugía guiada sin colgajo.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Ganz SD. Presurgical planning with CT-derived fabrication of surgical guides. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2005;63(9 Suppl 2):59–71.
2. Younis H, Lv C, Xu B, Zhou H, Du L, Liao L, et al. Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guides and the freehand approach in implant placement: a prospective clinical study. *Head Face Med*. 2024;20(1):30.
3. Guglielmotti MB, Olmedo DG, Cabrini RL. Research on implants and osseointegration. *Periodontol 2000*. 2019 Feb;79(1):178–89.
4. Lee JWY, Bance ML. Physiology of Osseointegration. *Otolaryngol Clin North Am*. 2019;52(2):231–42.
5. Buser D, Sennerby L, De Bruyn H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontol 2000*. 2017;73(1):7–21.
6. Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol 2000*. 2014;66(1):214–27.
7. Department of Periodontics, Saveetha Dental College and Hospitals, Saveetha Institute of Medical & Technical Sciences, Chennai- 600077, Tamilnadu, India, Rajasekar A. A short review on guided implant surgery and its efficiency. *Bioinformation*. 2022;18(9):764–7.
8. Fonteyne E, De Bruyn H, De Fruyt F. Quality of life and social participation in dental rehabilitation: A personality and multi-informant perspective. *J Dent*. 2020;103:100021.
9. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Dental implants inserted in fresh extraction sockets versus healed sites: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015;43(1):16–41.
10. D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol 2000*. 2017;73(1):121–33.

11. Unsal G, Turkyilmaz I, Lakhia S. Advantages and limitations of implant surgery with CAD/CAM surgical guides: A literature review. *J Clin Exp Dent*. 2020;e409–17.
12. Stefanini M, Rendón A, Zucchelli A, Sangiorgi M, Zucchelli G. Avoiding errors and complications related to immediate implant placement in the esthetic area with a mucogingival approach. *Periodontol 2000*. 2023;92(1):362–72.
13. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clin Oral Implants Res*. 2009;20(s4):73–86.
14. Al Yafi F, Camenisch B, Al-Sabbagh M. Is Digital Guided Implant Surgery Accurate and Reliable? *Dent Clin North Am*. 2019;63(3):381–97.
15. Fortin T, Champleboux G, Bianchi S, Buatois H, Coudert J. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine: An *in vitro* study. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(6):651–6.
16. Fürhauser R, Mailath-Pokorny G, Haas R, Busenlechner D, Watzek G, Pommer B. Esthetics of Flapless Single-Tooth Implants in the Anterior Maxilla Using Guided Surgery: Association of Three-Dimensional Accuracy and Pink Esthetic Score. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2015;17 Suppl 2:e427-433.
17. Van Assche N, Van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant placement in partial edentulism. *J Clin Periodontol*. 2010;37(4):398–403.
18. Mello CC, Lemos CAA, Verri FR, Dos Santos DM, Goiato MC, Pellizzer EP. Immediate implant placement into fresh extraction sockets versus delayed implants into healed sockets: A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017;46(9):1162–77.
19. Gallucci GO, Hamilton A, Zhou W, Buser D, Chen S. Implant placement and loading protocols in partially edentulous patients: A systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2018;29(S16):106–34.
20. Chappuis V, Araújo MG, Buser D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontol 2000*. 2017;73(1):73–83.

21. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontol 2000*. 2008;47(1):51–66.
22. Javed F, Almas K, Crespi R, Romanos GE. Implant Surface Morphology and Primary Stability: Is There a Connection? *Implant Dent*. 2011;20(1):40–6.
23. Fang Y, An X, Jeong SM, Choi BH. Accuracy of computer-guided implant placement in anterior regions. *J Prosthet Dent*. 2019;121(5):836–42.
24. Pozzi A, Carosi P, Laureti A, Mattheos N, Pimkhaokham A, Chow J, et al. Accuracy of navigation guided implant surgery for immediate loading complete arch restorations: Prospective clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2024;26(5):954–71.
25. Vercruyssen M, Cox C, Naert I, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M. Accuracy and patient-centered outcome variables in guided implant surgery: a RCT comparing immediate with delayed loading. *Clin Oral Implants Res*. 2016;27(4):427–32.
26. Shi J-Y, Wu X-Y, Lv X-L, Liu M, Fu X-J, Liu B-L, et al. Comparison of implant precision with robots, navigation, or static guides. *J Dent Res*. 2025;104(1):37–44.
27. Albiero A, Quartuccio L, Benato A, Benato R. Accuracy of Computer-Guided Flapless Implant Surgery in Fully Edentulous Arches and in Edentulous Arches With Fresh Extraction Sockets. *IMPLANT Dent*. 2019;28(3):256–64.
28. Nickenig H, Eitner S. Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates. *J CRANIO-Maxillofac Surg*. 2007;35(4–5):207–11.
29. Kang YF, Ge YJ, Ding MK, Liu-Fu JF, Cai ZG, Shan XF. A comparison of accuracy among different approaches of static-guided implant placement in patients treated with mandibular reconstruction: A retrospective study. *Clin Oral Implants Res*. 2024;35(3):251–7.
30. Watzek G, Haider R, Mensdorff-Pouilly N, Haas R. Immediate and delayed implantation for complete restoration of the jaw following extraction of all residual teeth: a retrospective study comparing different types of serial immediate implantation. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995;10(5):561–7.

31. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol.* 2010;25(9):603–5.
32. Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ.* 2016;i4919.
33. Ko KA, Song YW, Park JM, Park YB, Kim CS, Lee JS. Immediate loading protocols increase the risk of failure of implants placed by fully guided surgery in partially edentulous jaws: A randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(5):735–44.
34. Polizzi G, Cantoni T. Five-year follow-up of immediate fixed restorations of maxillary implants inserted in both fresh extraction and healed sites using the NobelGuide™ system. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(2):221–33.
35. Alzoubi F, Massoomi N, Nattestad A. Accuracy Assessment of Immediate and Delayed Implant Placements Using CAD/CAM Surgical Guides. *J Oral Implantol.* 2016;42(5):391–8.
36. Zhang X, Wang M, Mo A. An alternative method for immediate implant-supported restoration of anterior teeth assisted by fully guided templates: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2021;126(5):636–45.
37. Huang L, Zhang X, Mo A. A Retrospective Study on the Transferring Accuracy of a Fully Guided Digital Template in the Anterior Zone. *Mater Basel Switz.* 2021;14(16):4631.
38. Cunha RM, Souza FÁ, Hadad H, Poli PP, Maiorana C, Carvalho PSP. Accuracy evaluation of computer-guided implant surgery associated with prototyped surgical guides. *J Prosthet Dent.* 2021;125(2):266–72.
39. Chai J, Liu X, Schweyen R, Setz J, Pan S, Liu J, et al. Accuracy of implant surgical guides fabricated using computer numerical control milling for edentulous jaws: a pilot clinical trial. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):288.
40. Putra RH, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res.* 2022;66(1):29–39.
41. Derksen W, Wismeijer D, Flügge T, Hassan B, Tahmaseb A. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported, digitally designed drill

- guides based on CBCT and intraoral scanning. A prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(10):1005–15.
42. Chen Z, Li J, Ceolin Meneghetti P, Galli M, Mendonça G, Wang HL. Does guided level (fully or partially) influence implant placement accuracy at post-extraction sockets and healed sites? An in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2022;26(8):5449–58.
 43. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(S16):416–35.
 44. Li J, Meneghetti PC, Galli M, Mendonca G, Chen Z, Wang HL. Open-sleeve templates for computer-assisted implant surgery at healed or extraction sockets: An in vitro comparison to closed-sleeve guided system and free-hand approach. *Clin Oral Implants Res.* 2022;33(7):757–67.
 45. Smitkarn P, Subbalekha K, Mattheos N, Pimkhaokham A. The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery. *J Clin Periodontol.* 2019;46(9):949–57.
 46. Chen Z, Li J, Sinjab K, Mendonca G, Yu H, Wang H. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: A cadaver study. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(12):1186–94.
 47. Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33(1):101–15.
 48. Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical Accuracy of 3 Different Types of Computed Tomography-Derived Stereolithographic Surgical Guides in Implant Placement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(2):394–401.
 49. Laleman I, Bernard L, Vercruyssen M, Jacobs R, Bornstein M, Quirynen M. Guided Implant Surgery in the Edentulous Maxilla: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;31:s103–17.

50. Vasak C, Kohal RJ, Lettner S, Rohner D, Zechner W. Clinical and radiological evaluation of a template-guided (NobelGuide™) treatment concept. Clin Oral Implants Res. 2014;25(1):116–23.
51. Al-Harbi SA, Sun AYT. Implant Placement Accuracy When Using Stereolithographic Template as a Surgical Guide: Preliminary Results. Implant Dent. 2009;18(1):46–56.
52. Markovic J, Peña-Cardelles JF, Pedrinaci I, Hamilton A, Gallucci GO, Lanis A. Considerations for predictable outcomes in static computer- aided implant surgery in the esthetic zone. J Esthet Restor Dent. 2024;36(1):207–19.

12. ANEXOS

Tabla 1: resumen de la búsqueda de cada una de las bases de datos consultadas.

Base de datos	Búsqueda	Numero de artículos	Fecha
PubMed	(((((edentulous[MeSH Terms]) OR ("Partially edentulous")) OR ("dental implant")) OR ("dental implantation")) AND (((Computer-assisted surgery[MeSH Terms]) OR (Computer-Aided Surgery[MeSH Terms])) OR (Guided implant)) OR (Computer-aided flapless implant))) AND (((delayed guided implant) OR (healed sockets)) OR (delayed dental implant)) OR (healed sites))) AND (((treatment outcome[MeSH Terms]) OR (data accuracy[MeSH Terms])) OR (accuracy)) OR (deviation)) OR (implant deviation))	145	28.11.24
Scopus	((TITLE-ABS-KEY (edentulous) OR TITLE-ABS-KEY (partially AND edentulous) OR TITLE-ABS-KEY (dental AND implant) OR TITLE-ABS-KEY (dental AND implantation))) AND ((TITLE-ABS-KEY (computer-assisted AND surgery) OR TITLE-ABS-KEY (computer-aided AND surgery) OR TITLE-ABS-KEY (guided AND implant) OR TITLE-ABS-KEY (computer-aided AND flapless AND implant))) AND ((TITLE-ABS-KEY (delayed AND guided AND implant) OR TITLE-ABS-KEY (healed AND sockets) OR TITLE-ABS-KEY (delayed AND dental AND implant) OR TITLE-ABS-KEY (healed AND sites))) AND ((TITLE-ABS-KEY (treatment AND outcome) OR TITLE-ABS-KEY (data AND accuracy) OR TITLE-ABS-KEY (accuracy) OR TITLE-ABS-KEY (deviation) OR TITLE-ABS-KEY (implant AND deviation))))	124	30.11.24
Web of Science	((((TS=(edentulous)) OR TS=("Partially edentulous")) OR TS=("dental implant")) OR TS=("dental implantation")) AND (((TS=(Computer-assisted surgery)) OR TS=(Computer-Aided Surgery)) OR TS=(Guided implant)) OR TS=(Computer-aided flapless implant)) AND (((TS=(delayed guided implant)) OR TS=(healed sockets)) OR TS=(delayed dental implant)) OR TS=(healed sites)) AND (((TS=(Treatment outcome)) OR TS=(data accuracy)) OR TS=(accuracy)) OR TS=(deviation)) OR TS=(implant deviation))	72	3.12.24

Tabla 2: Registro de la forma de medición de la variable principal.

Autor (año)	Variable(s) medida(s)	Método de medición	Software/Sistema
Alzoubi y cols. (2021)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	Superposición CBCT pre y postoperatoria	Anatomage Invivo5

Vercruyssen y cols. (2016)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	Fusión STL de férula con CBCT	Materialise SimPlant
Fang y cols. (2018)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	Comparación digital pre/postquirúrgica	Software propio + PointNix
Zhang y cols. (2020)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, ángulo	Superposición CBCT con STL	No especificado
Shi y cols. (2024)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	Comparación digital post-cirugía	No especificado
Furhauser y cols. (2014)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, ángulo	CBCT postoperatorio + software 3D	No especificado
Albiero y cols. (2019)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	Superposición CBCT pre/post	CBCT + Mimics
Cunha y cols. (2019)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	Fusión CBCT pre/post	P3Dental
Chai y cols. (2020)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	Superposición CBCT pre y post + STL	Organical + Mimics
An y cols. (2022)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	Fusión CBCT y modelo ST	CBCT + software CAD/CAM
Jeong y cols. (2023)	Desviación horizontal en la cabeza del implante, desviación horizontal en el ápice, desviación vertical, ángulo	CBCT pre y postoperatorio	NobelClinician

Guía PRISMA 2020

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	Portada
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	1,3
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	16-17
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	19
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	21
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	22
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	22
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	23
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	24
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	25
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	24
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	25
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	25
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	23-25
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	23-25
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	25
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	

Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	27-29
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	28-29
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	29-30
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	30-32
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	32-38
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	40-48
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	46-47
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	46-47
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	47-48
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

Declaración detallada de uso de IA

En la elaboración del presente trabajo, se ha recurrido a herramientas de inteligencia artificial para guiar el procedimiento metodológico, concretamente ChatGPT 4.0.

- Herramienta: ChatGPT 4.0
- Funciones: revisión de coherencia textual, como apoyo en la traducción del trabajo del español al inglés, y reformulación de textos para adoptar un tono más formal y académico.
- Prompts utilizados: *“¿Puedes revisar este texto y sugerir mejoras para que sea más claro y coherente?”*. *“Traduce al inglés el siguiente fragmento manteniendo un tono académico”*. *“Reformula este texto para que suene más formal y adecuado para un trabajo universitario”*.
- Enlace: <https://chat.openai.com>

ACCURACY OF STATIC COMPUTER-GUIDED SURGERY IN POST-EXTRACTION SITES VS HEALED SITES: A SYSTEMATIC REVIEW

Authors:

Benedetta Valentini¹, Álvaro Canet López²

¹ *5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.*

² *Professor, Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain. Professor Master of Oral Surgery, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain.*

Correspondence

Álvaro Canet López

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

alvaro.canet@universidadeuropea.es

Abstract

Introduction: Computer-assisted implantology has optimized dental implant placement, but its accuracy can vary depending on guide support, timing of placement (immediate vs. delayed), and degree of edentulism.

Aims: To compare the accuracy (coronal, apical, vertical, and angular deviations) of implants placed with static computer-guided surgery in post-extraction versus healed sites; to describe advantages, limitations, and esthetic/functional impact of both protocols; and to assess patient satisfaction and postoperative comfort.

Material and Methods: An electronic search was conducted in PubMed, Web of Science, and Scopus for studies on the accuracy of static guided surgery in post-extraction and healed sites up to December 2024.

Results: Of 343 potentially eligible articles, 11 met the inclusion criteria: 7 compared post-extraction and healed sites, 4 studied only healed sites. In partially edentulous patients, immediate implants showed mean deviations of 0.84 mm (coronal), 1.08 mm (apical), 0.48 mm (vertical), and 3.01° (angular), while delayed implants showed 0.74 mm, 1.18 mm, 0.36 mm, and 3.06° respectively. In fully edentulous patients, values were higher for immediate placement: 1.11 mm coronal, 1.45 mm apical, 0.52 mm vertical, and 3.11° angular, versus 1.04 mm coronal, 1.15 mm apical, and 2.75° angular for delayed implants.

Discussion: Static guided surgery shows similar precision in immediate and delayed implants; slight advantages for delayed protocols (<0.3 mm and 0.4°) are more pronounced in fully edentulous arches.

Keywords: *Static Computer-Guided Implantology; Guided Implant; Delayed Dental Implant; Immediate Implant Placement; Treatment Outcome; Accuracy.*

Introduction

Computer-assisted implant surgery combines cone-beam computed tomography (CBCT) with CAD/CAM software to transfer the planned three-dimensional implant position to the patient via static surgical guides—either 3D-printed or milled—controlling entry point, depth, and angulation, thereby reducing anatomical risks and postoperative discomfort (1). Its accuracy depends on factors such as guide support (tooth-borne, mucosa-borne, or bone-borne), the degree of edentulism, and, above all, timing: immediate placement following extraction or delayed placement in healed sockets (2). Fully guided protocols have demonstrated mean deviations of less than 1 mm at the crest and under 4° in angulation, outperforming partially guided procedures and freehand placement (3); however, studies vary in measurement methods, use of fixation pins, and often group fully edentulous and dentate arches indiscriminately, making it impossible to determine with certainty whether the timing of placement clinically affects accuracy (4,5). The present systematic review provides a direct comparison between immediate and delayed implant placement.

The objective of this review was to systematically address the following question: What differences exist in terms of accuracy, advantages, and disadvantages between static guided implant placement in post-extraction sockets and in healed sockets? To this end, coronal, apical, vertical, and angular deviations for both immediate and delayed static guided surgery were evaluated, and, secondly, procedure-related benefits, complications, and patient satisfaction and postoperative comfort were assessed.

Material and Methods

This systematic review complies with the PRISMA statement (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (6).

- Focus question:

The focus question was structured according to the PICO structured question:

P (population): Partially or fully edentulous patients requiring dental implants.

I (intervention): Static guided surgery with immediate implant placement in post-extraction sockets.

C (comparison): Static guided surgery with implant placement in healed sockets.

O (outcomes):

- O1: Coronal horizontal deviation.
- O2: Apical horizontal deviation.
- O3: Vertical deviation.
- O4: Angular deviation.

- Eligibility Criteria:

The inclusion criteria were:

- Study design: Randomized controlled trials, prospective and retrospective cohort studies on human subjects with at least 8 participants. Publications in English, Spanish, or Italian, up to November 2024.
- Patient: Adult patients indicated for dental implants in post-extraction or healed sockets.
- Intervention: Use of static surgical guides generated by CAD/CAM technology.
- Outcome: Studies reporting angular deviations, linear deviations (coronal and apical), or depth deviations.

The exclusion criteria were reviews; in vitro or animal experimental studies; case reports; letters or comments to the editor; studies not using CAD/CAM technology; studies using dynamic guidance techniques; studies not using static guided surgery; studies not clearly specifying measured deviations or surgical accuracy evaluation methods. No restrictions were imposed based on publication year. Authors were contacted when necessary to clarify missing information.

- Information sources and data search:

An automatized electronic and manual literature searches were conducted in three major electronic databases (PubMed, Scopus and Web of Science) with the following keywords: "edentulous," "partially edentulous," "dental implant," "dental implantation," "computer-assisted surgery," "computer-aided surgery," "guided implant," "computer-aided flapless implant," "delayed guided implant," "healed sockets," "delayed dental implant," "healed sites," "treatment outcome," "data accuracy," "accuracy," "deviation," and "implant deviation." The keywords were combined with the Boolean operators AND,

OR, and NOT, as well as controlled terms (MeSH for PubMed) to obtain the most comprehensive results.

The following search strategy in PubMed was carried out: ((((((edentulous[MeSH Terms]) OR ("Partially edentulous")) OR ("dental implant")) OR ("dental implantation")) AND (((Computer-assisted surgery[MeSH Terms]) OR (Computer-Aided Surgery[MeSH Terms])) OR (Guided implant)) OR (Computer-aided flapless implant))) AND (((delayed guided implant) OR (healed sockets)) OR (delayed dental implant)) OR (healed sites))) AND (((((treatment outcome[MeSH Terms]) OR (data accuracy[MeSH Terms])) OR (accuracy)) OR (deviation)) OR (implant deviation)).

To identify any eligible study that the initial search might have missed, the search was supplemented by reviewing the reference lists in the bibliography of each retrieved article. Finally, a cross-search of potentially relevant articles was performed. For acquisition of those articles not available in the databases with full text, the corresponding authors were contacted. Duplicate studies were removed from the review.

- Search strategy:

A three-stage selection process was carried out by a single reviewer (BV). In the first stage, titles were screened to eliminate irrelevant publications. In the second stage, abstracts were screened and selected based on study type, type of guided surgery, variables studied, and patient population. Studies with insufficient information or unstructured abstracts that precluded determination of exclusion were taken forward for full-text review. In the third and final stage, full texts were screened, and data were extracted.

- Data extraction:

The following information was extracted from the studies and tabulated according to procedural characteristics and evaluated variables: authors and year of publication; study design (randomized controlled, prospective, retrospective); number of patients and implant sites; location; type of surgery performed (static guided surgery); measured deviations: coronal, apical, angular, and depth (in millimeters and degrees).

- **Quality and risk of bias assessment:**

Risk of bias was assessed by one reviewer (BV) to analyze the methodological quality of the included articles. For randomized controlled clinical trials, the Cochrane Handbook 5.1.0 was used (<http://handbook.cochrane.org>); publications were rated “low risk of bias” if all criteria were met, “high risk of bias” if one or more criteria were not met—indicating potential bias that undermines result reliability—and “unclear risk” if information was lacking or there was uncertainty about potential bias. For non-randomized observational studies, the Newcastle–Ottawa Scale was applied (7); a “low risk of bias” rating required a star score >6, and “high risk of bias” a score ≤6. The ROBINS-I tool was used to assess risk of bias in the pilot clinical trial (8).

- **Data synthesis:**

The aim was to collect and compare the results of the studied variables across different studies. Mean values of the primary variables were grouped by study cohort. A weighting of implant deviation data was performed for statistical analysis to achieve more precise and representative results.

Results

- **Study Selection:**

A total of 343 articles were retrieved in the initial search process: Medline–PubMed (n = 145), Scopus (n = 124), and Web of Science (n = 72). Two additional records were identified through manual searching (reference lists and primary sources). Of these publications, 15 were identified as potentially eligible based on title and abstract screening. Full-text articles were subsequently obtained and assessed. Ultimately, 11 articles met the inclusion criteria and were included in this systematic review (Fig. 1).

- **Study characteristics:**

Of the 11 included articles, 7 compared post-extraction to healed sites (4,5,9–13) and 4 assessed only healed sites (14–17). Study designs comprised five retrospective cohort studies (5,10,11,13,14), two randomized clinical trials (4,15), three non-randomized clinical trials (9,12,16), and one pilot clinical trial (17). In the randomized trials, the patient was the unit of random assignment. A total of 277 patients received 530 implants

placed via static guided surgery—immediate and delayed protocols—with some studies also comparing dynamic or robot-assisted techniques (Table 1).

- Risk of bias:

In the retrospective cohort studies, all five were deemed at low risk of bias (Fig. 2). Among the non-randomized clinical trials, all three were judged low risk of bias (Fig. 3). For randomized clinical trials, the study by Vercruyssen et al. (4) was rated low risk of bias, whereas the study by Shi et al. (15) was rated unclear risk of bias (Fig. 4). The pilot clinical trial was assessed as having a moderate risk of bias (Fig. 5).

- Synthesis of results:

Accuracy of static guided surgery in post-extraction sockets:

The accuracy of static guided surgery in post-extraction sockets was evaluated in seven studies (4,5,9–13). All employed pre- and post-operative CBCT superimposition to measure coronal, apical, vertical, and angular deviations.

The weighted mean for single implants in post-extraction sites was 0.84 mm for coronal deviation, 1.08 mm for apical deviation, 0.48 mm for vertical deviation, and 3.01° for angular deviation. In full-arch rehabilitations, Vercruyssen et al. (4) and Albiero et al. (5) reported more dispersed results, yielding a combined weighted mean of 1.11 mm coronal, 1.45 mm apical, 0.52 mm vertical, and 3.11° angular. For partially edentulous patients, Kang et al. (10) recorded very high values, 4.64 ± 1.19 mm coronal, 5.09 ± 0.99 mm apical, 3.24 ± 1.20 mm vertical, and $9.11 \pm 3.43^\circ$ angular, whereas Fang et al. (9), who did not distinguish between immediate and delayed implants, reported deviations of 0.46 mm (coronal), 0.67 mm (apical), 0.15 mm (vertical), and 1.40° (angular) (Table 2).

Comparison: post-extraction vs. healed sites:

Seven studies compared post-extraction to healed sites (4,5,9–13), while four provided data only on delayed placement (14–17). In the subgroup of single implants placed in healed sockets, mean deviations were 0.74 mm coronal, 1.18 mm apical, 0.36 mm vertical, and 3.06° angular. In delayed full-arch cases, the weighted means were 1.04 mm (coronal), 1.15 mm (apical), and 2.75° (angular). The vertical deviation was not pooled because only Albiero et al. (5) reported it (0.51 ± 0.74 mm), while Chai et al. (17) included it in their overall coronal and apical deviation figures. Among partially edentulous

patients with delayed placement, only Kang et al. (10) provided specific data: 0.95 mm coronal, 1.46 mm apical, and 3.02° angular deviations (Table 3).

Clinical and esthetic implications:

In a study evaluating 3D accuracy of flapless guided surgery for anterior single implants, the mean coronal deviation was 0.84 mm, which correlated inversely with the Pink Esthetic Score (PES), deviations >0.8 mm resulted in lower esthetic scores (14). The same study found that the minimally invasive flapless approach significantly preserved soft tissues, with mesial papillary height ($p < .001$), distal papillary height ($p = .010$), and marginal contour ($p = .004$) all improved (14). Zhang et al. (12) assessed immediate anterior implants with fully guided templates and found that low deviations (0.6 mm coronal, 1.0 mm apical, 0.4 mm vertical, 1.9° angular) facilitated placement of prefabricated provisionals without clinical adjustments, yielding predictable esthetic outcomes.

Patient-reported outcomes and postoperative comfort:

One study (4) compared subjective outcomes between patients receiving immediate versus delayed full-arch implants via static guided surgery. No statistically significant differences were found in postoperative pain, swelling, analgesic use, or oral health-related quality of life (HRQOL). However, the immediate-loading group achieved pain control by day 3, compared to day 6 in the delayed group. Additionally, studies such as Zhang et al. (12) highlighted that combining flapless techniques with prefabricated provisionals enhanced patient satisfaction by reducing chair time, eliminating sutures, and lowering postoperative morbidity.

Discussion

Accuracy of static guided surgery:

The results of this review confirm that static guided surgery achieves very similar levels of precision for both immediate and delayed implant placement, with no clinically relevant differences. In single-tooth implants, one clinical study reported a coronal deviation of approximately 0.8 mm and an apical deviation of 1.1 mm for immediate implants, versus 0.9 mm and 1.6 mm respectively for delayed implants, with angular deviations in both groups ranging between 3° and 4° (11).

In partially edentulous patients, coronal, apical, vertical, and angular deviations showed minimal variation between immediate and delayed placement. In fully edentulous patients, although absolute deviations were slightly higher compared to cases with tooth support, no consistent differences were identified.

Partially edentulous patients:

For partially edentulous patients, the findings of this review demonstrate that static guided surgery offers high precision, largely thanks to guide support on the remaining teeth. Implants placed in healed sockets showed mean deviations of 0.74 mm coronal, 1.18 mm apical, 0.36 mm vertical, and 3.06° angular, while immediate implants exhibited similar values (0.84 mm, 1.08 mm, 0.48 mm, and 3.01° respectively). Although differences were slight and not statistically significant, there was a slight trend toward greater vertical error in the immediate group. Authors such as Derksen et al. (18) and Tahmaseb et al. (19) have shown that edentulous spans bounded by teeth allow greater guide stability and thus better outcomes than in fully edentulous patients. Likewise, experimental studies like Li et al. (20) suggest that post-extraction socket anatomy can produce greater deviations, even with guided surgery, especially in the buccal direction; for single-tooth implants, this challenge is even more pronounced in the anterior sector, where esthetics are critical and the margin for error is small.

Fully edentulous patients:

In fully edentulous patients, data from this review indicate that static guided surgery offers greater precision when performed in healed sockets. Delayed implants showed mean deviations of 1.04 mm (coronal), 1.15 mm (apical), and 2.75° (angular), whereas immediate implants exhibited slightly higher values: 1.11 mm, 1.45 mm, and 3.11° respectively. Although the difference is moderate, it suggests that the greater stability of the healed bone bed and the reduced anatomical alteration after extraction contribute to more accurate placement. Regarding vertical deviation, it is important to note that complete weighted means for all subgroups could not be calculated because several included studies did not report this parameter separately or explicitly. These findings are in agreement with previous studies by Ozan et al. (21) and Van Assche et al. (22), which showed that mucosa-borne guides present larger angular deviations than tooth-borne ones. Laleman et al. (23) also found deviations similar to those observed in this work,

reinforcing the reliability of guided surgery in edentulous arches, especially with delayed protocols. However, the literature indicates that factors such as mucosal thickness and mobility (24), loss of stability after extraction (25), and the type of surgical guide used (26,27) can negatively influence accuracy when supplementary fixation systems are not applied. Additionally, Bover-Ramos et al. (3) and Schneider et al. (28) emphasize that fully guided guides are more precise than partial ones, and that support stability is crucial to minimizing deviations.

Esthetics and patient satisfaction

Implant placement precision is crucial for achieving satisfactory esthetic outcomes, especially in anterior zones. Several studies have shown that even coronal deviations less than 1 mm can negatively affect gingival contour. Markovic et al. (29) and Fürhauser et al. (14) reported a correlation between positioning errors and decreased Pink Esthetic Score (PES), with greater papillary and free gingival defects when deviation exceeds 0.8 mm. Regarding patient perception, Vercruyssen et al. (4) found no differences in pain or quality of life between immediate and delayed protocols. Derksen et al. (18) highlight that reduced surgical time in immediate protocols improves patient experience. Recent studies (9,12,13) have demonstrated that fully CAD/CAM-guided surgery can achieve predictable esthetic results in immediate placement cases, provided adequate guide fit and stability are ensured.

The main limitations of the reviewed studies include variability in methods, guide types, surgical protocols, and measurement systems, which complicates cross-study comparison. Furthermore, many works have small sample sizes with limited representation of specific subgroups, such as partially edentulous patients in delayed protocols. In some cases, depth deviation data were embedded within other measurements or dimensions were unspecified, preventing weighted mean calculation in certain subgroups. All of this underscores the need for more homogeneous studies with standardized protocols and greater methodological rigor.

Static guided surgery allows precise implant placement, with greater accuracy in healed sockets. Precision influences esthetic outcomes, especially in the anterior sector, and patient satisfaction was high, particularly with flapless techniques.

References:

1. Ganz SD. Presurgical planning with CT-derived fabrication of surgical guides. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2005 Sep;63(9 Suppl 2):59–71.
2. Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol* 2000. 2014;66(1):214–27.
3. Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(1):101–15.
4. Vercruyssen M, Cox C, Naert I, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M. Accuracy and patient-centered outcome variables in guided implant surgery: a RCT comparing immediate with delayed loading. *Clin Oral Implants Res*. 2016;27(4):427–32.
5. Albiero A, Quartuccio L, Benato A, Benato R. Accuracy of Computer-Guided Flapless Implant Surgery in Fully Edentulous Arches and in Edentulous Arches With Fresh Extraction Sockets. *IMPLANT Dent*. 2019;28(3):256–64.
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;n71.
7. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol*. 2010;25(9):603–5.
8. Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*. 2016;i4919.
9. Fang Y, An X, Jeong SM, Choi BH. Accuracy of computer-guided implant placement in anterior regions. *J Prosthet Dent*. 2019;121(5):836–42.
10. Kang YF, Ge YJ, Ding MK, Liu-Fu JF, Cai ZG, Shan XF. A comparison of accuracy among different approaches of static-guided implant placement in patients treated with mandibular reconstruction: A retrospective study. *Clin Oral Implants Res*. 2024;35(3):251–7.

11. Alzoubi F, Massoomi N, Nattestad A. Accuracy Assessment of Immediate and Delayed Implant Placements Using CAD/CAM Surgical Guides. *J Oral Implantol.* 2016;42(5):391–8.
12. Zhang X, Wang M, Mo A. An alternative method for immediate implant-supported restoration of anterior teeth assisted by fully guided templates: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2021;126(5):636–45.
13. Huang L, Zhang X, Mo A. A Retrospective Study on the Transferring Accuracy of a Fully Guided Digital Template in the Anterior Zone. *Mater Basel Switz.* 2021;14(16):4631.
14. Fürhauser R, Mailath-Pokorny G, Haas R, Busenlechner D, Watzek G, Pommer B. Esthetics of Flapless Single-Tooth Implants in the Anterior Maxilla Using Guided Surgery: Association of Three-Dimensional Accuracy and Pink Esthetic Score. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17 Suppl 2:e427-433.
15. Shi J-Y, Wu X-Y, Lv X-L, Liu M, Fu X-J, Liu B-L, et al. Comparison of implant precision with robots, navigation, or static guides. *J Dent Res.* 2025;104(1):37–44.
16. Cunha RM, Souza FÁ, Hadad H, Poli PP, Maiorana C, Carvalho PSP. Accuracy evaluation of computer-guided implant surgery associated with prototyped surgical guides. *J Prosthet Dent.* 2021;125(2):266–72.
17. Chai J, Liu X, Schweyen R, Setz J, Pan S, Liu J, et al. Accuracy of implant surgical guides fabricated using computer numerical control milling for edentulous jaws: a pilot clinical trial. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):288.
18. Derksen W, Wismeijer D, Flügge T, Hassan B, Tahmaseb A. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported, digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral scanning. A prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(10):1005–15.
19. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(S16):416–35.
20. Li J, Dai M, Wang S, Zhang X, Fan Q, Chen L. Accuracy of immediate anterior implantation using static and robotic computer-assisted implant surgery: A retrospective study. *J Dent.* 2024;148:105218.

21. Ozan O, Turkeyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical Accuracy of 3 Different Types of Computed Tomography-Derived Stereolithographic Surgical Guides in Implant Placement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(2):394–401.
22. Van Assche N, Van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant placement in partial edentulism. *J Clin Periodontol.* 2010;37(4):398–403.
23. Laleman I, Bernard L, Vercruyssen M, Jacobs R, Bornstein M, Quirynen M. Guided Implant Surgery in the Edentulous Maxilla: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;31:s103–17.
24. Vasak C, Kohal RJ, Lettner S, Rohner D, Zechner W. Clinical and radiological evaluation of a template-guided (NobelGuide™) treatment concept. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(1):116–23.
25. Chen Z, Li J, Sinjab K, Mendonca G, Yu H, Wang H. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: A cadaver study. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(12):1186–94.
26. Li J, Meneghetti PC, Galli M, Mendonca G, Chen Z, Wang HL. Open-sleeve templates for computer-assisted implant surgery at healed or extraction sockets: An in vitro comparison to closed-sleeve guided system and free-hand approach. *Clin Oral Implants Res.* 2022;33(7):757–67.
27. Chen Z, Li J, Ceolin Meneghetti P, Galli M, Mendonça G, Wang HL. Does guided level (fully or partially) influence implant placement accuracy at post-extraction sockets and healed sites? An in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2022;26(8):5449–58.
28. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(s4):73–86.
29. Markovic J, Peña-Cardelles JF, Pedrinaci I, Hamilton A, Gallucci GO, Lanis A. Considerations for predictable outcomes in static computer- aided implant surgery in the esthetic zone. *J Esthet Restor Dent.* 2024;36(1):207–19.

Funding: None declared.

Conflict of interest: None declared.

Table 1: Characteristics of the included studies

Author (Year)	Study Type	N Patients	N Immediate Implants	N Delayed Implants	Edentulism (Type/Zone)	Timing of Placement	Guide Type
Fürhauser y cols. 2015 (14)	CR	27	NR	27	Partially edentulous, anterior sector	Delayed	CAD/CAM tooth-supported guide
Albiero y cols. 2019 (5)	CR	20	54	6	Fully edentulous	Immediate y diferida	CAD/CAM flapless guide
Kang y cols. 2024 (10)	CR	27	39	23	Partially edentulous	Immediate & Delayed	CAD/CAM guide
Alzoubi y cols. 2016 (11)	CR	29	25	15	Partially edentulous, single-tooth implant	Immediate & Delayed	CAD/CAM guide
Huang y cols. 2021 (13)	CR	40	29	23	Partially edentulous, anterior zone	Immediate & Delayed	CAD/CAM guide
Fang y cols. 2019 (9)	PNA	32	19	21	Partially edentulous, anterior region	Immediate & Delayed	CAD/CAM guide
Zhang y cols. 2021 (12)	PNA	25	14	34	Single-tooth implant, anterior esthetic zone	Immediate & Delayed	Fully guided CAD/CAM template
Shi y cols. 2024 (15)	ECA	45	NR	26	Partially edentulous	Delayed	CAD/CAM guide
Vercruyssen y cols. 2016 (4)	ECA	15	42	48	Fully edentulous	Immediate	Mucosa-supported guide
Cunha y cols. 2021 (16)	PNA	8	NR	61	Fully edentulous	Delayed	Stereolithographic prototype guide
Chai y cols. 2020 (17)	ECPil	9	NR	44	Fully edentulous	Delayed	CNC-milled guide

CR = Retrospective cohort, PNA = Prospective non-randomized, ECA = Randomized clinical trial, ECPil = Pilot clinical trial

Table 2: Descriptive Results of Static Guided Surgery Accuracy in Immediate Implants for Single-Tooth and Fully Edentulous Patients Collected by the Studies.

Single-Tooth implant									
	N implants (immediate)	Coronal deviation (mm)		Apical deviation (mm)		Vertical deviation (mm)		Angular deviation (°)	
STUDY		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Alzoubi y cols. 2016 (11)	25	0.85	0.65	1.1	0.65	-	-	3.49	2.46
Huang y cols. 2021 (13)	29	0.91	0.3	1.11	0.4	0.47	0,66	3.24	1.87
Zhang y cols. 2021 (12)	14	0.7	0.3	1.0	0.4	0.5	0,3	1.7	1.0
TOTAL weighted mean		0.84		1.08		0.48		3.01	
Fully edentulous									
	N implants (immediate)	Coronal deviation (mm)		Apical deviation (mm)		Vertical deviation (mm)		Angular deviation (°)	
STUDY		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Vercruyssen y cols. 2016 (4)	42	0.9	-	1.2	-	0.5	-	2.7	-
Albiero y cols. 2019 (5)	54	1.28	0.59	1.65	0.71	0.53	0.94	3.42	1.52
TOTAL weighted mean		1.11		1.45			0.52	3.11	

Table 3: Descriptive Results of Static Guided Surgery Accuracy in Delayed Implants for Single-Tooth and Fully Edentulous Patients Collected by the Studies.

Single-Tooth implant									
	N implants (delayed)	Coronal deviation (mm)		Apical deviation (mm)		Vertical deviation (mm)		Angular deviation (°)	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Fürhauser y cols. 2015 (14)	27	0.84	0.44	1.16	0.69	-	-	2.7	2.6
Alzoubi y cols. 2016 (11)	15	0.88	0.43	1.59	1.01	-	-	4.29	2.83
Huang y cols. 2021 (13)	23	0.80	0.37	1.16	0.38	0.33	0.68	3.42	1.36
Zhang y cols. 2021 (12)	16	0.5	0.3	1.0	0.5	0.4	0.3	2.0	1.1
Shi y cols. 2024 (15)	15	0.6	0.7	1.0	1.3	-	-	-	-
TOTAL weighted mean		0.74		1.08		0.36		3.06	
Fully edentulous									
	N implants (delayed)	Coronal deviation (mm)		Apical deviation (mm)		Vertical deviation (mm)		Angular deviation (°)	
ESTUDIO		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Albiero y cols. 2019 (5)	6	1.12	0.52	1.36	0.68	0.51	0.74	3.16	1.79
Chai y cols. 2020 (17)	44	1.53	0.48	1.58	0.49	-	-	3.69	3.05
Cunha y cols. 2021 (16)	61	0.68	0.36	0.82	0.39	-	-	2.04	1.21
TOTAL weighted mean		1.04		1.15				2.75	

Fig. 1: PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review

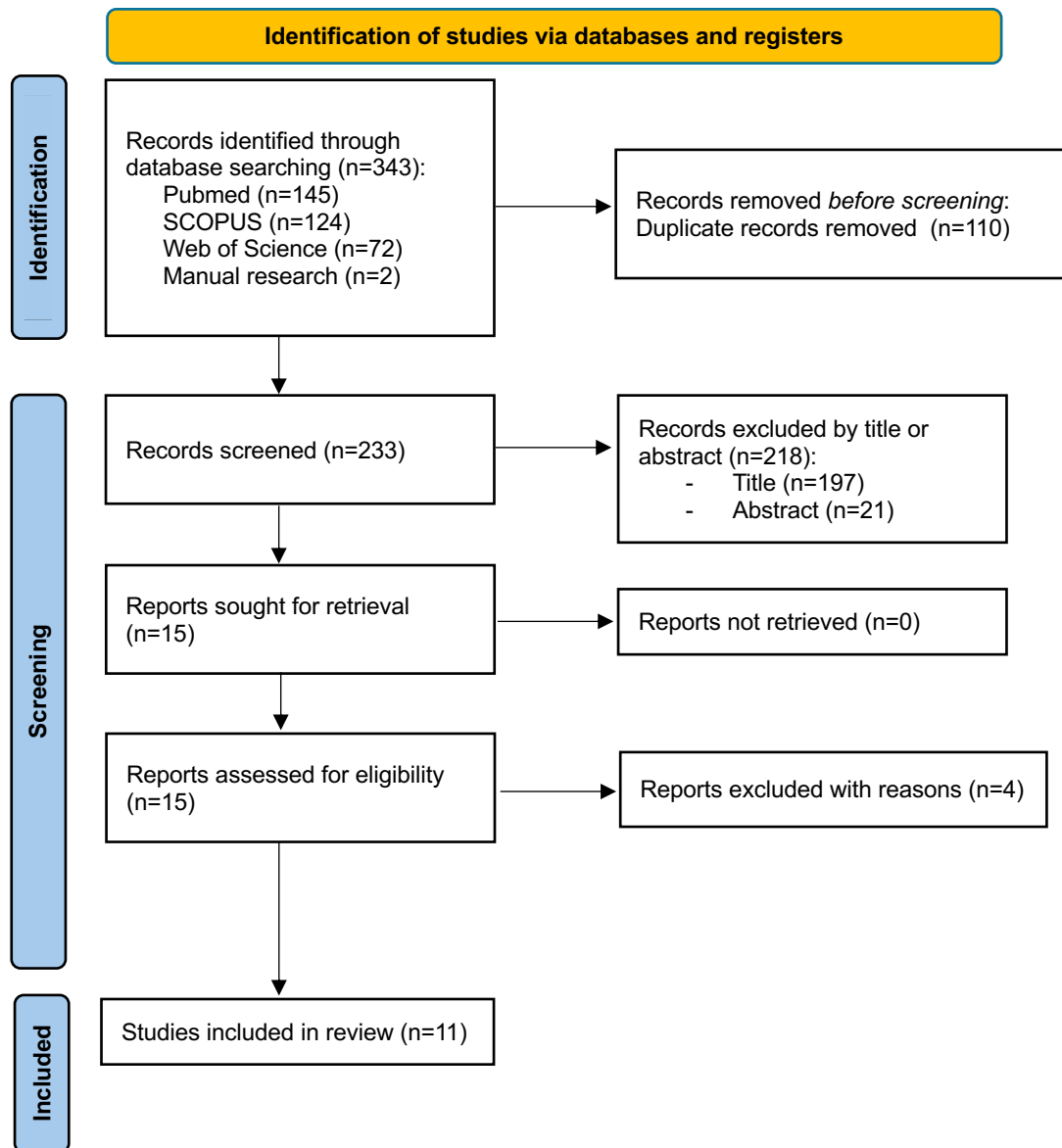


Fig. 2: *Observational non randomized studies according to Newcastle-Ottawa scale- Retrospective cohort studies*

	Case definition	Representativeness	Selection of controls	Definition of control	Comparability for main outcome	Comparability for additional factors	Ascertainment of exposure	Same method of ascertainment for case and control	Drop-out rate	Total
Fürhauser y cols. 2015 (14)	★	★	★	★	★★	-	★	★	★	9
Alzoubi y cols. 2016 (11)	★	★	★	★	★	-	★	★	★	8
Albiero y cols. 2019 (5)	★	★	★	★	★	-	★	★	★	8
Huang y cols. 2021 (13)	★	★	★	★	★★	★	★	★	★	10
Kang y cols. 2024 (10)	★	★	★	★	★★	★	★	★	★	10

Fig. 3: *Observational non randomized studies according to Newcastle-Ottawa scale-
non-randomized clinical studies*

	Case definition	Representativeness	Selection of controls	Definition of control	Comparability for main outcome	Comparability for additional	Ascertainment of exposure	Same method of ascertainment for case and	Drop-out rate	Total
Fang y cols. 2019 (9)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Zhang y cols. 2021 (12)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Cunha y cols. 2021 (16)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7

Fig. 4: Randomized clinical trials risk following Cochrane’s guidelines.

	Sequence generation	Allocation concealment	Blinding of participants and personal	Blinding outcome assessment	Incomplete outcome data	Selective reporting	Other bias
Vercruyssen y cols. 2016 (4)	+	+	+	+	+	+	+
Shi y cols. 2024 (15)	?	?	+	+	+	+	+

Fig. 5: Risk of bias assessment of the pilot clinical trial according to the ROBINS-I scale.

	Risk of bias due to confounding	Risk of bias in selection of participants into the study	Risk of bias in classification of interventions	Risk of bias due to deviations from intended interventions	Risk of bias due to missing data	Risk of bias arising from measurement of the outcome	Risk of bias in selection of the reported result
Chai y cols. 2020 (17)	?	+	+	+	+	+	+

EXACTITUD DE LA CIRUGÍA GUIADA ESTÁTICA EN ALVÉOLOS POST-EXTRACCIÓN VS ALVÉOLOS CICATRIZADOS. REVISIÓN SISTEMÁTICA

Autores:

Benedetta Valentini¹, Álvaro Canet López²

¹ *5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.*

² *Professor, Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain. Professor Master of Oral Surgery, Departmen of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain.*

Correspondencia

Álvaro Canet López

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

alvaro.canet@universidadeuropea.es

Resumen

Introducción: La implantología asistida por ordenador ha optimizado la colocación de implantes dentales, pero su exactitud puede variar según el soporte de la férula, el momento de la inserción (inmediata vs diferida) y el grado de edentulismo.

Objetivos: comparar la exactitud (desviación coronal, apical, vertical y angular) de los implantes colocados mediante cirugía guiada estática en alveolos post-extracción y cicatrizados; así como describir ventajas, limitaciones y repercusión estética/funcional de ambos protocolos, valorar el grado de satisfacción y el confort postoperatorio de los pacientes.

Material y método: Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Web of Science y Scopus sobre la exactitud de la cirugía guiada estática en alveolos post-extracción y en alveolos cicatrizados hasta diciembre 2024.

Resultados: De 343 artículos potencialmente elegibles, 11 cumplieron con los criterios de inclusión: 7 artículos realizaban una comparativa entre alveolos post-extracción y alveolos cicatrizados, 4 solo alveolos cicatrizados. En pacientes parcialmente desdentados, los implantes inmediatos presentaron una desviación media de 0,84 mm (coronal), 1,08 mm (apical), 0,48 mm (vertical) y 3,01° (angular); mientras que los implantes diferidos mostraron 0,74 mm, 1,18 mm, 0,36 mm y 3,06° respectivamente. En pacientes totalmente edéntulos, los valores fueron mayores en la colocación inmediata: 1,11 mm (coronal), 1,45 mm (apical), 0,52 mm (vertical) y 3,11° (angular), frente a 1,04 mm (coronal), 1,15 mm (apical) y 2,75° (angular) en los diferidos.

Discusión: La cirugía guiada estática muestra precisión similar en implantes inmediatos y diferidos; las ligeras ventajas de los diferidos (<0,3 mm y 0,4°) se acentúan en arcos totalmente edéntulos.

Palabras clave: *Implantología estática guiada por ordenador; Implante guiado; Implante dental diferido; Colocación inmediata de implante; Resultado del tratamiento; Exactitud.*

Introducción

La cirugía de implantes asistida por ordenador combina la tomografía volumétrica (CBCT) con software CAD/CAM para transferir al paciente, mediante férulas quirúrgicas estáticas impresas o fresadas, la posición tridimensional planificada del implante controlando la entrada, profundidad y angulación y reduciendo riesgos anatómicos y molestias posquirúrgicas (1). Su precisión depende de factores como el soporte de la férula (dentario, mucoso u óseo), el grado de edentulismo y, especialmente, el momento quirúrgico: colocación inmediata tras la extracción o diferida en alveolos cicatrizados (2). Los protocolos totalmente guiados han demostrado desviaciones medias <1 mm en la cresta y $<4^\circ$ de ángulo, superando a las cirugías parciales y a la colocación a mano alzada (3); sin embargo los estudios difieren en métodos de medición, uso de pines de fijación y agrupan indistintamente arcos totalmente edéntulos y dentados, lo que impide determinar con certeza si la temporalidad de la colocación condiciona de forma clínicamente relevante la exactitud (4,5). La presente revisión sistemática proporciona una comparación entre implantes inmediatos y diferidos. El objetivo de la presente revisión fue revisar sistemáticamente la siguiente pregunta: ¿Qué diferencias existen en términos de exactitud, beneficios, inconvenientes entre la colocación de implantes mediante cirugía guiada estática en alveolos post-extracción y en alveolos cicatrizados? Para ello se evaluaron las desviaciones coronal, apical, vertical y angular de la cirugía guiada estática con colocación inmediata y diferida y, en segundo lugar, las ventajas y complicaciones relacionadas con el procedimiento y la satisfacción y el confort postoperatorio de los pacientes.

Material y método

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (6).

- Pregunta PICO:

El formato de la pregunta se estableció de acuerdo con la pregunta estructurada PICO:

P (población): pacientes parcial o totalmente desdentados que necesitan implantes dentales.

I (intervención): Cirugía guiada estática con colocación inmediata de implantes en alvéolos post-extracción.

C (comparación): Cirugía guiada estática con colocación de implantes en alvéolos cicatrizados.

O (resultados):

- O1: Desviación horizontal coronal
- O2: Desviación horizontal apical
- O3: Desviación vertical
- O4: Desviación angular

- Criterios de elegibilidad:

Los criterios de inclusión fueron:

- Tipo de Estudio: Ensayos clínicos aleatorizado controlado, estudio de cohorte prospectivo y retrospectivo, estudios sobre individuos humanos, número de participantes ≥ 8 pacientes. Publicaciones en inglés, español o italiano. Publicados hasta Noviembre 2024.
- Tipo de Paciente: Pacientes adultos con indicación para implantes dentales en alveolos post-extracción o cicatrizados.
- Tipo de Intervención: uso de guías quirúrgicas estáticas generadas mediante tecnología CAD/CAM.
- Tipo de Variables de Resultados: Estudios que reportan desviaciones angulares, lineares (coronales y apicales) o en profundidad.

Los criterios de exclusión fueron: revisiones, estudios experimentales in vitro y en animales, a propósito de un caso, cartas o cometarios al editor. Además, estudios que no utilizaron tecnología CAD/CAM, que utilizaban técnicas de cirugía guiada dinámica, estudios que no utilizaron cirugía guiada estática, estudios que no especificaron claramente las desviaciones medidas o en los métodos de evaluación la precisión quirúrgica. No se impusieron restricciones según el año de publicación. Cuando fue necesario, se estableció contacto con los autores para aclarar la información que faltaba.

- Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en tres importantes bases de datos (PubMed, Scopus y Web of Science) con las siguientes palabras clave: “edentulous”, “Partially edentulous”, “dental implant”, “dental implantation”, “Computer-assisted

surgery”, “Computer-Aided Surgery”, “Guided implant”, “Computer-aided flapless implant”, “delayed guided implant” “healed sockets”, “delayed dental implant”, “healed sites”, “treatment outcome”, “data accuracy”, “accuracy”, “deviation”, “implant deviation”. Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND, OR y NOT, así como con los términos controlados (“MeSH” para Pubmed) en un intento de obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda.

La búsqueda en PubMed fue la siguiente: ((((((edentulous[MeSH Terms]) OR ("Partially edentulous")) OR ("dental implant")) OR ("dental implantation")) AND (((Computer-assisted surgery[MeSH Terms]) OR (Computer-Aided Surgery[MeSH Terms])) OR (Guided implant)) OR (Computer-aided flapless implant))) AND (((delayed guided implant) OR (healed sockets)) OR (delayed dental implant)) OR (healed sites))) AND (((((treatment outcome[MeSH Terms]) OR (data accuracy[MeSH Terms])) OR (accuracy)) OR (deviation)) OR (implant deviation))).

Con el fin de identificar cualquier estudio elegible que la búsqueda inicial podría haber perdido, se completó la búsqueda con una revisión de las referencias proporcionadas en la bibliografía de cada uno de los estudios. Por último, se realizó una búsqueda cruzada de artículos potencialmente interesantes para el análisis. Para la adquisición de los artículos que no estaban disponibles en las bases de datos con texto completo se contactó con los autores de los mismos. Los estudios duplicados fueron eliminados de la revisión.

- Proceso de selección de los estudios

Se realizó un proceso de selección en tres etapas. La selección de los estudios fue llevada a cabo por un revisor (BV). En la primera etapa se filtraba por los títulos con el objetivo de eliminar publicaciones irrelevantes. En la segunda etapa se filtraba por los resúmenes y se seleccionaba según el tipo de estudio, el tipo de cirugía guiada, variables estudiadas y los pacientes seleccionados. Los estudios sin información suficiente o con resúmenes no estructurados para determinar su exclusión se consideraron para evaluación de texto completo. En la tercera y última etapa se realizaba el cribado según el texto completo y se procedió a la extracción de los datos.

- Extracción de datos

La siguiente información fue extraída de los estudios y se dispuso en tablas según las

características del procedimiento y las variables evaluadas: autores y año de publicación, tipo de estudio (randomizado controlado, prospectivo, retrospectivo), número de pacientes y sitios implantados, localización, tipo de cirugía utilizada (cirugía guiada estática), desviaciones medidas: coronales, apicales, angulares y en profundidad (en milímetros y grados).

- Valoración de la calidad

La valoración del riesgo de sesgo fue evaluada por un revisor (BV) con el objetivo de analizar la calidad metodológica de los artículos incluidos. Para la evaluación de la calidad de los estudios clínicos controlados aleatorizados se utilizó la guía Cochrane 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>); las publicaciones fueron consideradas de “bajo riesgo de sesgo” cuando cumplían todos los criterios, “alto riesgo de sesgo” cuando no se cumplía uno o más criterios y por tanto se considera que el estudio presenta un sesgo posible que debilita la fiabilidad de los resultados y “sesgo incierto” (ya fuera por falta de información o incertidumbre sobre el potencial de sesgo). Para la medición de la calidad de los estudios observacionales no randomizados se utilizó la escala de Newcastle-Ottawa (7); se consideró “bajo riesgo de sesgo” en el caso de una puntuación de estrellas >6 y “alto riesgo de sesgo” en el caso de una puntuación ≤ 6. Para la medición del riesgo de sesgo del ensayo clínico piloto se utilizó la escala ROBINS-I (8).

- Síntesis de datos

La finalidad fue recopilar y comparar los resultados de las variables estudiadas entre los diferentes estudios, las medias de los valores de las variables principales fueron agrupadas según el grupo de estudio. Se realizó una ponderación de los datos obtenidos sobre las desviaciones de los implantes para el análisis estadístico, con el objetivo de alcanzar resultados más precisos y representativos.

Resultados

- Selección de estudios:

Se obtuvieron un total 343 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline – PubMed (n=145), SCOPUS (n=124) y Web of Science (n=72). Se obtuvieron 2 adicionales a través de la búsqueda manual (lista de referencias y fuentes primarias). De estas publicaciones, 15 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por

títulos y resúmenes. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados. Como resultado, 11 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incluidos en la presente revisión sistemática (Fig.1).

- Análisis de las características de los estudios revisados:

De los 11 artículos incluidos en la presente revisión, 7 artículos realizaban una comparativa entre alveolos post-extracción y alveolos cicatrizados (4,5,9–13), 4 solo alveolos cicatrizados (14–17). De los 11 artículos, 5 fueron retrospectivos (5,10,11,13,14), 2 fueron ensayos clínicos aleatorizados (4,15), 3 estudios clínicos no aleatorizados (9,12,16) y uno un ensayo clínico piloto (17). En los estudios randomizados el paciente fue la unidad de asignación al azar. Se trataron un total de 277 pacientes y los implantes colocados fueron 530, la colocación fue inmediata y diferida y fue realizada con cirugía guiada estática, aunque algunos también compararon técnicas dinámicas o incluso asistidas por robot (Tabla 1).

- Evaluación de la calidad metodológica:

Para los estudios de cohorte retrospectiva, un bajo riesgo de sesgo fue considerado en los 5 estudios (Fig 2). Para los estudios clínicos no aleatorizados, un bajo riesgo de sesgo fue considerado en los 3 estudios (Fig 3). Para los ensayos clínicos aleatorizados, un bajo riesgo de sesgo fue considerado para el estudio de Vercruyssen y cols. (4) y un riesgo incierto para el estudio de Shi y cols. (15) (Fig 4). Para el ensayo clínico piloto, fue considerado un moderado riesgo de sesgo (Fig 5).

- Síntesis de resultados:

Exactitud de la cirugía guiada estática en alveolos post-extracción:

La exactitud de la cirugía guiada estática en alveolos post-extracción fue evaluada en 7 estudios (4,5,9–13). Todos emplearon la superposición de CBCT pre- y postquirúrgica para mediar la desviación coronal, apical, vertical y angular. La media ponderada para los implantes unitarios post-extracción fue de 0,84 mm para la desviación coronal, 1,08 mm para la desviación apical, 0,48 mm para la desviación vertical y 3,01° para la desviación angular. En rehabilitaciones totales, Vercruyssen y cols. (4) y Albiero y cols. (5) obtuvieron resultados más dispersos, la media ponderada agrupada alcanza 1,11 mm coronal, 1,45 mm apical, 0,52 mm vertical y 3,11° angular. Para pacientes parcialmente

desdentados Kang y cols. (10) registraron valores muy elevados, $4,64 \pm 1,19$ mm en la desviación coronal, $5,09 \pm 0,99$ mm en la apical, $3,24 \pm 1,20$ mm en la vertical y $9,11 \pm 3,43^\circ$ para la angular, mientras que Fang y cols. (9), que no discriminó entre implantes inmediatos y diferidos, informó desviaciones de 0,46 mm (coronal), 0,67 mm (apical), 0,15 mm (vertical) y $1,40^\circ$ (angular) (Tabla 2).

Comparación alveolos post-extracción vs alveolos cicatrizados:

La comparación entre los alveolos post-extracción y los alveolos cicatrizados fue reportada en 7 estudios (4,5,9–13), mientras que 4 estudios aportan información únicamente sobre la colocación diferida (14–17). En el subgrupo de implantes unitarios colocados en alveolos cicatrizados, se observaron desviaciones promedio de 0,74 mm a nivel coronal, 1,18 mm a nivel apical, 0,36 a nivel vertical y $3,06^\circ$ en el eje angular. En rehabilitaciones totales diferidas, la media ponderada fue de 1,04 mm (coronal), 1,15 mm (apical) y $2,75^\circ$ (angular). La media ponderada de la desviación vertical no fue calculada porque fue reportada solo en el estudio de Albiero y cols. (5) con un valor de $0,51 \pm 0,74$ mm, mientras que en el estudio de Chai y cols. (17) se incluyó en las desviaciones coronal y apical globales. En pacientes parcialmente desdentados con colocación diferida, solo un estudio (10) aportó datos concretos, con desviaciones de 0,95 mm coronal, 1,46 mm apical y $3,02^\circ$ angular (Tabla 3).

Implicaciones clínicas y estética:

Respecto a la estética, en un estudio que evaluó la precisión 3D en la cirugía guiada sin colgajo para implantes unitarios anteriores, la desviación coronal promedio fue de 0,84 mm. Dicho valor se correlacionó inversamente con el Pink Esthetic Score (PES), de modo que desviaciones superiores a 0,8 mm resultaron en puntuaciones estéticas más bajas (14). En este mismo estudio, el uso de una técnica mínimamente invasiva sin colgajo permitió una mayor preservación de los tejidos blandos, con diferencias estadísticamente significativas en la altura papilar mesial ($p < .001$) y distal ($p = .010$) y en el contorno marginal ($p = .004$) (14). Por su parte, Zhang y cols. (12) evaluaron casos de implantes inmediatos en el sector anterior con guías totalmente guiadas, y constataron que los bajos niveles de desviación obtenidos (0,6 mm coronal, 1,0 mm apical, 0,4 mm en profundidad y $1,9^\circ$ angular) facilitaron la colocación de provisionales prefabricados sin necesidad de ajustes clínicos, con resultados estéticos favorables y predecibles.

Percepción del paciente y confort postoperatorio:

En un estudio (4) comparó los resultados subjetivos entre pacientes tratados con implantes inmediatos y diferidos en arcadas completas mediante cirugía guiada estática. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a dolor postoperatorio, inflamación, uso de analgésicos ni calidad de vida relacionada con la salud oral (HRQOL). No obstante, los pacientes del grupo de carga inmediata reportaron una recuperación más rápida, con control del dolor antes del tercer día postoperatorio, frente a los seis días observados en el grupo diferido. Adicionalmente, estudios como el de Zhang y cols. (12) destacaron que el uso de técnicas flapless combinadas con prótesis provisionales prefabricadas contribuyó a una mayor satisfacción por parte del paciente, debido a la reducción del tiempo clínico, la eliminación de suturas y la menor morbilidad postoperatoria.

Discusión

Exactitud de la cirugía guiada estática:

Los resultados obtenidos en esta revisión confirman que la cirugía guiada estática permite alcanzar niveles de precisión muy similares tanto en la colocación inmediata como diferida, sin diferencias clínicamente relevantes. En implantes unitarios un estudio clínico reportó una desviación coronal de aproximadamente 0,8 mm y apical de 1,1 mm para implantes inmediatos, frente a valores de 0,9 mm y 1,6 mm respectivamente en implantes diferidos, con desviaciones angulares en ambos grupos dentro del rango de 3° a 4° (11). En pacientes parcialmente desdentados, las desviaciones coronal, apical, vertical y angular mostraron variaciones mínimas entre la colocación inmediata y diferida. En pacientes completamente edéntulos, aunque las desviaciones absolutas fueron ligeramente superiores en comparación con los casos con soporte dentario, no se identificaron diferencias consistentes.

Pacientes parcialmente desdentados:

En pacientes parcialmente edéntulos, los resultados de esta revisión evidencian que la cirugía guiada estática ofrece una elevada precisión, en gran parte gracias al apoyo de las férulas quirúrgicas sobre los dientes remanentes. Los implantes colocados en alveolos cicatrizados mostraron desviaciones medias de 0,74 mm a nivel coronal, 1,18 a nivel

apical, 0,36 a nivel vertical y 3,06° de desviación angular, mientras que los implantes inmediatos presentaron valores similares (0,84 mm, 1,08 mm, 0,48 mm y 3,01°, respectivamente). Aunque las diferencias fueron leves y sin significación estadística, se observó una ligera tendencia a un mayor error vertical en el grupo de colocación inmediata. Autores como Derksen y cols. (18) y Tahmaseb y cols. (19) han demostrado que los espacios edéntulos limitados por dientes permiten una mayor estabilidad de la guía y, por tanto, mejores resultados que en pacientes completamente edéntulos. Asimismo, estudios experimentales como el de Li y cols. (20) sugieren que la anatomía del alveolo post-extracción puede generar desviaciones mayores, incluso con cirugía guiada, especialmente en la dirección bucal, en el caso de implantes unitarios esta dificultad es aún más relevante en el sector anterior, donde la estética es prioritaria y el margen de error es reducido.

Pacientes totalmente desdentados:

En pacientes completamente edéntulos, los datos recopilados en esta revisión indican que la cirugía guiada estática ofrece una mayor precisión cuando se realiza en alveolos cicatrizados. Los implantes diferidos mostraron desviaciones medias de 1,04 mm (coronal), 1,15 mm (apical) y 2,75° (angular), mientras que los implantes inmediatos presentaron valores ligeramente superiores: 1,11 mm, 1,45 mm y 3,11°, respectivamente. Aunque la diferencia es moderada, sugiere que la mayor estabilidad del lecho óseo cicatrizado y la menor alteración anatómica tras la extracción contribuyen a una colocación más exacta. En cuanto a la desviación vertical, es importante señalar que no se pudieron calcular las medias ponderadas completas para todos los subgrupos analizados, ya que varios de los estudios incluidos no reportaban este parámetro de forma separada o explícita. Estos hallazgos coinciden con estudios previos de Ozan y cols. (21) y Van Assche y cols. (22) dichos estudios mostraron que las férulas mucoso-soportadas, presentan desviaciones angulares mayores que las dento-soportadas. Laleman y cols. (23) también encontraron desviaciones cercanas a las observadas en este trabajo, lo que refuerza la fiabilidad de la cirugía guiada en edéntulos, especialmente en protocolos diferidos. No obstante, la literatura señala que factores como el grosor y la movilidad de la mucosa (24), la pérdida de estabilidad tras la extracción (25), y el tipo de férula quirúrgica utilizada (26,27), pueden influir negativamente en la precisión cuando

no se aplican sistemas de fijación complementarios. Además, Bover-Ramos y cols. (3) y Schneider y cols. (28) destacan que las guías totalmente guiadas son más precisas que las parciales, y que la estabilidad del soporte es determinante para minimizar desviaciones.

Estética y satisfacción del paciente:

La precisión en la colocación del implante es determinante para lograr resultados estéticos satisfactorios, especialmente en zonas anteriores. Diversos estudios han demostrado que desviaciones coronales incluso menores a 1 mm pueden afectar negativamente el contorno gingival. Markovic y cols. (29) y Fürhauser y cols. (14) señalaron una correlación entre errores de posicionamiento y disminución del Pink Esthetic Score (PES) , con mayores defectos en papilas y encía libre cuando la desviación supera los 0,8 mm. En cuanto a la percepción del paciente, Vercruyssen y cols. (4) no hallaron diferencias en dolor o calidad de vida en protocolos inmediatos y diferidos. Derksen y cols. (18) destacan que, en protocolos inmediatos la reducción del tiempo quirúrgico mejora la experiencia del paciente. Estudios recientes (9,12,13) han demostrado que la cirugía guiada totalmente asistida por CAD/CAM permite alcanzar resultados estéticos predecibles en casos de colocación inmediata, siempre que se asegure una adecuada adaptación y estabilidad de la férula. Las principales limitaciones de los estudios revisados es la variabilidad de métodos, tipos de férulas, protocolos quirúrgicos y sistemas de medición, lo que dificulta la comparación entre resultados. Además, muchos trabajos tienen muestras pequeñas con escasa representación de subgrupos específicos, como parcialmente edéntulos con protocolo diferido. En algunos casos, los datos sobre desviación en profundidad estaban integrados dentro de otras mediciones o no se especificaba la dimensión a la que correspondían, impidiendo calcular medias ponderadas en ciertos subgrupos. Todo ello destaca la necesidad de estudios más homogéneos, con protocolos estandarizados y mayor rigor metodológico. La cirugía estática permite una colocación precisa de implantes, con mayor exactitud en alveolos cicatrizados. La precisión influye en la estética, especialmente en el sector anterior, y la satisfacción del paciente fue alta, sobre todo con técnicas sin colgajo.

Bibliografía:

1. Ganz SD. Presurgical planning with CT-derived fabrication of surgical guides. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2005;63(9 Suppl 2):59-71.
2. Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol 2000*. 2014;66(1):214-27.
3. Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(1):101-15.
4. Vercruyssen M, Cox C, Naert I, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M. Accuracy and patient-centered outcome variables in guided implant surgery: a RCT comparing immediate with delayed loading. *Clin Oral Implants Res*. 2016;27(4):427-32.
5. Albiero A, Quartuccio L, Benato A, Benato R. Accuracy of Computer-Guided Flapless Implant Surgery in Fully Edentulous Arches and in Edentulous Arches With Fresh Extraction Sockets. *IMPLANT Dent*. 2019;28(3):256-64.
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;n71.
7. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol*. 2010;25(9):603-5.
8. Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*. 2016;i4919.
9. Fang Y, An X, Jeong SM, Choi BH. Accuracy of computer-guided implant placement in anterior regions. *J Prosthet Dent*. 2019;121(5):836-42.
10. Kang YF, Ge YJ, Ding MK, Liu-Fu JF, Cai ZG, Shan XF. A comparison of accuracy among different approaches of static-guided implant placement in patients treated with mandibular reconstruction: A retrospective study. *Clin Oral Implants Res*. 2024;35(3):251-7.

11. Alzoubi F, Massoomi N, Nattestad A. Accuracy Assessment of Immediate and Delayed Implant Placements Using CAD/CAM Surgical Guides. *J Oral Implantol.* 2016;42(5):391-8.
12. Zhang X, Wang M, Mo A. An alternative method for immediate implant-supported restoration of anterior teeth assisted by fully guided templates: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2021;126(5):636-45.
13. Huang L, Zhang X, Mo A. A Retrospective Study on the Transferring Accuracy of a Fully Guided Digital Template in the Anterior Zone. *Mater Basel Switz.* 2021;14(16):4631.
14. Fürhauser R, Mailath-Pokorny G, Haas R, Busenlechner D, Watzek G, Pommer B. Esthetics of Flapless Single-Tooth Implants in the Anterior Maxilla Using Guided Surgery: Association of Three-Dimensional Accuracy and Pink Esthetic Score. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17 Suppl 2:e427-433.
15. Shi J-Y, Wu X-Y, Lv X-L, Liu M, Fu X-J, Liu B-L, et al. Comparison of implant precision with robots, navigation, or static guides. *J Dent Res.* 2025;104(1):37–44.
16. Cunha RM, Souza FÁ, Hadad H, Poli PP, Maiorana C, Carvalho PSP. Accuracy evaluation of computer-guided implant surgery associated with prototyped surgical guides. *J Prosthet Dent.* 2021;125(2):266-72.
17. Chai J, Liu X, Schweyen R, Setz J, Pan S, Liu J, et al. Accuracy of implant surgical guides fabricated using computer numerical control milling for edentulous jaws: a pilot clinical trial. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):288.
18. Derksen W, Wismeijer D, Flügge T, Hassan B, Tahmaseb A. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported, digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral scanning. A prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(10):1005-15.
19. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(S16):416-35.
20. Li J, Dai M, Wang S, Zhang X, Fan Q, Chen L. Accuracy of immediate anterior implantation using static and robotic computer-assisted implant surgery: A retrospective study. *J Dent.* 2024;148:105218.

21. Ozan O, Turkeyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical Accuracy of 3 Different Types of Computed Tomography-Derived Stereolithographic Surgical Guides in Implant Placement. J Oral Maxillofac Surg. 2009;67(2):394-401.
22. Van Assche N, Van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant placement in partial edentulism. J Clin Periodontol. 2010;37(4):398-403.
23. Laleman I, Bernard L, Vercruyssen M, Jacobs R, Bornstein M, Quirynen M. Guided Implant Surgery in the Edentulous Maxilla: A Systematic Review. Int J Oral Maxillofac Implants. 2017;31:s103-17.
24. Vasak C, Kohal RJ, Lettner S, Rohner D, Zechner W. Clinical and radiological evaluation of a template-guided (NobelGuide™) treatment concept. Clin Oral Implants Res. 2014;25(1):116-23.
25. Chen Z, Li J, Sinjab K, Mendonca G, Yu H, Wang H. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: A cadaver study. Clin Oral Implants Res. 2018;29(12):1186-94.
26. Li J, Meneghetti PC, Galli M, Mendonca G, Chen Z, Wang HL. Open-sleeve templates for computer-assisted implant surgery at healed or extraction sockets: An in vitro comparison to closed-sleeve guided system and free-hand approach. Clin Oral Implants Res. 2022;33(7):757-67.
27. Chen Z, Li J, Ceolin Meneghetti P, Galli M, Mendonça G, Wang HL. Does guided level (fully or partially) influence implant placement accuracy at post-extraction sockets and healed sites? An in vitro study. Clin Oral Investig. 2022;26(8):5449-58.
28. Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung RE. A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. Clin Oral Implants Res. 2009;20(s4):73-86.
29. Markovic J, Peña-Cardelles JF, Pedrinaci I, Hamilton A, Gallucci GO, Lanis A. Considerations for predictable outcomes in static computer- aided implant surgery in the esthetic zone. J Esthet Restor Dent. 2024;36(1):207-19.

Financiamiento: ninguno declarado.

Conflicto de interés: ninguno declarado.

Tabla 1: características de los estudios incluidos.

Autor (año)	Tipo de estudio	N° pacientes	N° implantes inmediatos	N° implantes diferidos	Tipo de paciente/ zona	Momento de colocación	Guía
Fürhauser y cols. 2015 (14)	CR	27	NR	27	Parcialmente desdentados / sector anterior	Diferida	Férula CAD/CAM dento-soportada
Albiero y cols. 2019 (5)	CR	20	54	6	Totalmente edéntulos	Inmediata y diferida	Guía CAD/CAM flapless
Kang y cols. 2024 (10)	CR	27	39	23	Parcialmente desdentados	Inmediata y diferida	Guía CAD/CAM
Alzoubi y cols. 2016 (11)	CR	29	25	15	Parcialmente desdentados / implante unitario	Inmediata y diferida	Guía CAD/CAM
Huang y cols. 2021 (13)	CR	40	29	23	Parcialmente desdentado / zona anterior	Inmediata y diferida	Guía CAD/CAM
Fang y cols. 2019 (9)	PNA	32	19	21	Parcialmente desdentados / región anterior	Inmediata y diferida	Guía CAD/CAM
Zhang y cols. 2021 (12)	PNA	25	14	34	Implante unitario estético anterior	Inmediata y diferida	Guía totalmente guiada
Shi y cols. 2024 (15)	ECA	45	NR	26	Parcialmente desdentados	Diferida	Guía CAD/CAM
Vercruyssen y cols. 2016 (4)	ECA	15	42	48	Totalmente edéntulos	Inmediata	Guía mucoso-suportada
Cunha y cols. 2021 (16)	PNA	8	NR	61	Totalmente edéntulos	Diferida	Guía prototipada estereolitográfica
Chai y cols. 2020 (17)	ECPil	9	NR	44	Totalmente edéntulos	Diferida	Guía fresada CNC

CR: cohorte retrospectiva, **PNA:** prospectivo no aleatorizado, **ECA:** ensayo clínico aleatorizado, **ECPil:** ensayo clínico piloto

Tabla 2: Resultados descriptivos de la exactitud de la cirugía guiada estática en implantes inmediatos para implantes unitarios y pacientes totalmente edéntulos recogida por los estudios.

Implantes unitarios									
	N de implantes (inmediatos)	Desviación coronal (mm)		Desviación apical (mm)		Desviación vertical (mm)		Desviación angular (°)	
ESTUDIO		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Alzoubi y cols. 2016 (11)	25	0,85	0,65	1,1	0,65	-	-	3,49	2,46
Huang y cols. 2021 (13)	29	0,91	0,3	1,11	0,4	0,47	0,66	3,24	1,87
Zhang y cols. 2021 (12)	14	0,7	0,3	1	0,4	0,5	0,3	1,7	1
TOTAL media ponderada		0,84		1,08		0,48		3,01	
Totalmente edéntulos									
	N de implantes (inmediatos)	Desviación coronal (mm)		Desviación apical (mm)		Desviación vertical (mm)		Desviación angular (°)	
ESTUDIO		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Vercruyssen y cols. 2016 (4)	42	0,9	-	1,2	-	0,5	-	2,7	-
Albiero y cols. 2019 (5)	54	1,28	0,59	1,65	0,71	0,53	0,94	3,42	1,52
TOTAL media ponderada		1,11		1,45			0,52	3,11	

Tabla 3: Resultados descriptivos de la exactitud de la cirugía guiada estática en implantes diferidos para implantes unitarios y pacientes totalmente edéntulos recogida por los estudios.

Implantes unitarios									
	N de implantes (diferidos)	Desviación coronal (mm)		Desviación apical (mm)		Desviación vertical (mm)		Desviación angular (°)	
ESTUDIO		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Fürhauser y cols. 2015 (14)	27	0,84	0,44	1,16	0,69	-	-	2,7	2,6
Alzoubi y cols. 2016 (11)	15	0,88	0,43	1,59	1,01	-	-	4,29	2,83
Huang y cols. 2021 (13)	23	0,80	0,37	1,16	0,38	0,33	0,68	3,42	1,36
Zhang y cols. 2021 (12)	16	0,5	0,3	1,0	0,5	0,4	0,3	2,0	1,1
Shi y cols. 2024 (15)	15	0,6	0,7	1,0	1,3	-	-	-	-
TOTAL media ponderada		0,74		1,08		0,36		3,06	
Totalmente edéntulos									
	N de implantes (diferidos)	Desviación coronal (mm)		Desviación apical (mm)		Desviación vertical (mm)		Desviación angular (°)	
ESTUDIO		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Albiero y cols. 2019 (5)	6	1,12	0,52	1,36	0,68	0,51	0,74	3,16	1,79
Chai y cols. 2020 (17)	44	1,53	0,48	1,58	0,49	-	-	3,69	3,05
Cunha y cols. 2021 (16)	61	0,68	0,36	0,82	0,39	-	-	2,04	1,21
TOTAL media ponderada		1,04		1,15				2,75	

Fig. 1: PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review

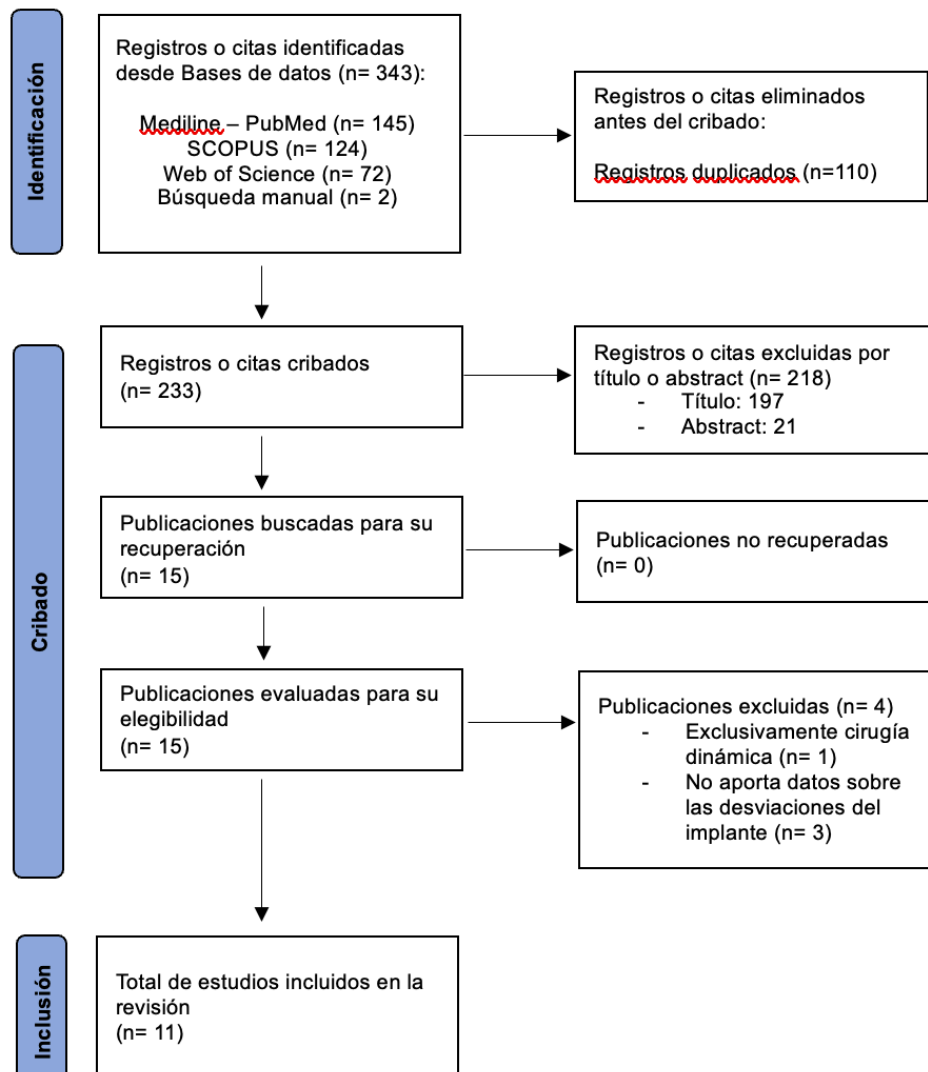


Fig. 2: Medición del riesgo de sesgo de los estudios de cohorte retrospectiva con la escala Newcastle-Ottawa.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comparación exposición	Demostración no presencia variable	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	Total
Fürhauser y cols. 2015 (14)	★	★	★	★	★ ★	-	★	★	★	9
Alzoubi y cols. 2016 (11)	★	★	★	★	★	-	★	★	★	8
Albiero y cols. 2019 (5)	★	★	★	★	★	-	★	★	★	8
Huang y cols. 2021 (13)	★	★	★	★	★ ★	★	★	★	★	10
Kang y cols. 2024 (10)	★	★	★	★	★ ★	★	★	★	★	10

Fig. 3: Medición del riesgo de sesgo de los estudios clínicos no aleatorizados con la escala Newcastle-Ottawa.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comparación exposición	Demostración no presencia variable	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	Total
Fang y cols. 2019 (9)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Zhang y cols. 2021 (12)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Cunha y cols. 2021 (16)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7

Fig. 4: Medición del riesgo de sesgo de los ensayos clínicos aleatorizados según la guía Cochrane.

	Generar secuencia aleatorizada (sesgo selección)	Ocultación de la asignación (sesgo selección)	Cegamiento participantes y personal (sesgo detección)	Cegamiento evaluación de resultados (sesgo detección)	Seguimiento y exclusiones (sesgo deserción)	Descripción selectiva (sesgo notificación)	Otros sesgos
Vercruyssen y cols. 2016 (4)	+	+	+	+	+	+	+
Shi y cols. 2024 (15)	?	?	+	+	+	+	+

Fig. 5: Medición del riesgo de sesgo del ensayo clínico piloto según la escala ROBINS-I.

	Sesgo por factores de confusión	Sesgo en la selección de participantes	Sesgo en la clasificación de intervenciones	Sesgo por desviaciones en el tratamiento	Sesgo por datos incompletos	Sesgo en la medición del desenlace	Sesgo en la selección/reporte del resultado
Chai y cols. 2020 (17)	?	+	+	+	+	+	+