



Universidad de
Oviedo

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO
MÁSTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA
DENTOFACIAL**

**FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ÉXITO Y FRACASO DE
MINITORNILLOS DE ORTODONCIA**

RAQUEL PÉREZ DOPOZO

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Oviedo, mayo 2024



Universidad de
Oviedo

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO
MÁSTER UNIVERSITARIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA
DENTOFACIAL**

**FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ÉXITO Y FRACASO DE
MINITORNILLOS DE ORTODONCIA**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

RAQUEL PÉREZ DOPOZO

Tutor: Dr. Juan Cobo Plana



Universidad de
Oviedo

Juan Cobo Plana, Catedrático de Ortodoncia, adscrito al Departamento de Cirugía y Especialidades Médico Quirúrgicas de la Universidad de Oviedo

CERTIFICO:

Que el trabajo titulado “Factores que influyen en el éxito y fracaso de minitornillos de ortodoncia” presentado por **D. Raquel Pérez Dopozo**, ha sido realizado bajo mi dirección y cumple los requisitos para ser presentado como Trabajo de Fin de Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dento Facial.

En Oviedo, mayo de 2024

RESUMEN Y ABSTRACT



RESUMEN

Introducción: Los minitornillos de ortodoncia son dispositivos que se utilizan como anclaje esquelético temporal en tratamientos de ortodoncia. A pesar de las ventajas que ofrecen, su estabilidad puede ser difícil de lograr, por ello es crucial conocer los factores que pueden influir en su fracaso.

Objetivos: Identificar qué factores influyen en las tasas de éxito o fracaso de los minitornillos de ortodoncia.

Material y métodos: Se realizó la búsqueda en la base de datos PubMed-Medline y se aplicaron diferentes combinaciones de palabras. Se obtuvieron un total de 927 artículos, y tras el análisis se incluyeron un total de 38 en esta revisión.

Discusión: La estabilidad primaria de un minitornillo desempeña un papel fundamental para garantizar el pronóstico a largo plazo del mismo. Este aspecto está influenciado por una variedad de factores: aquellos asociados con el minitornillo (tamaño, forma, material y superficie), los relacionados con el paciente (edad, sexo, localización en maxilar o mandíbula, condición ósea e higiene), y los inherentes al procedimiento quirúrgico (método de colocación, localización, contacto radicular, inserción, experiencia y reinsertación).

Conclusiones: El tamaño del minitornillo influye en la estabilidad y éxito. Factores relacionados con el paciente como la edad, ubicación y grosor óseo también se relacionan con el fracaso. En cuanto a factores relacionados con el procedimiento, inserciones con sobrecalentamiento, en mucosa alveolar, a distancia insuficiente del borde crestal, con torque excesivo, poca profundidad o realizado por operadores inexpertos tienen tasas de fracaso más altas.

PALABRAS CLAVE

Fracaso, éxito, minitornillos, miniimplantes, complicaciones, logros, factores de riesgo, estabilidad.



ABSTRACT

Introduction: Orthodontic miniscrews are devices used as temporary skeletal anchorage in orthodontic treatments. Despite the advantages they offer, their stability can be challenging to achieve, making it crucial to understand the factors that can influence their failure.

Objectives: To identify factors influencing the success or failure rates of orthodontic miniscrews.

Materials and Methods: A search was conducted in the PubMed-Medline database using different combinations of keywords. A total of 927 articles were obtained, and after analysis, a total of 38 were included in this review.

Discussion: The primary stability of a miniscrew plays a crucial role in ensuring its long-term prognosis. This aspect is influenced by a variety of factors: those associated with the miniscrew (size, shape, material and surface), those related to the patient (age, sex, location in the maxilla or mandible, bone condition, and hygiene), and those inherent to the surgical procedure (placement method, location, root contact, insertion, experience and reinsertion).

Conclusions: The size of the miniscrew influences stability and success. Patient-related factors such as age, location, and bone thickness also correlate with failure. As for procedure-related factors, insertions with overheating, in the alveolar mucosa, at insufficient distance from the crestal edge, with excessive torque, shallow depth, or performed by inexperienced operators have higher failure rates.

KEY WORDS

Failure, success, miniscrews, mini-implants, complications, achievements, risk factors, stability.



Índice

1	INTRODUCCIÓN	17
2	MARCO TEÓRICO	21
3	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	25
4	MATERIAL Y MÉTODOS	29
4.1	Diseño y estrategia de búsqueda	29
4.2	Criterios de inclusión y exclusión	29
4.3	Extracción de datos	30
5	DISCUSIÓN	33
5.1	Factores relacionados con el minitornillo	34
5.1.1	Tamaño	34
5.1.2	Forma	36
5.1.3	Material (acero vs titanio).....	39
5.1.4	Superficie	40
5.2	Factores relacionados con el paciente	40
5.2.1	Edad	40
5.2.2	Sexo.....	41
5.2.3	Maxilar o mandíbula	42
5.2.4	Condición ósea	42
5.2.5	Higiene	43
5.3	Factores relacionados con el procedimiento	44
5.3.1	Método de colocación	44
5.3.2	Localización	45
5.3.3	Contacto radicular.....	46
5.3.4	Inserción del minitornillo	47
5.3.5	Experiencia.....	49
5.3.6	Reinserción o reutilización del minitornillo	49
6	CONCLUSIONES.....	53
7	FUTURA INVESTIGACIÓN	57
8	BIBLIOGRAFÍA	61
9	ANEXOS.....	67



Índice de Anexos

<i>Anexo 1. Diagrama de flujo</i>	67
<i>Anexo 2. Resultados obtenidos de los factores analizados.</i>	68

INTRODUCCIÓN



1 INTRODUCCIÓN.

Los minitornillos de ortodoncia son un tipo de dispositivos de anclaje temporal (TADs) que se utilizan en los tratamientos de ortodoncia para facilitar la biomecánica de movimientos dentales complejos. Desde 1970 algunos autores describen el uso de implantes osteointegrados como anclaje para controlar los movimientos ortodóncicos en animales. (1) En 1983 Creekmore muestra un caso clínico de un paciente en el que utiliza como anclaje óseo un implante en la zona anterior para intrusión de incisivos (2), pero no fue hasta 1997 cuando se hizo referencia por primera vez a los minitornillos insertados de forma temporal como anclaje ortodóncico. Ryuzo Kanomi (3) presentó un caso clínico y resaltó la necesidad de un implante lo suficientemente pequeño para poder ser colocado en cualquier zona del hueso alveolar, incluso en el hueso apical. Además, debería permitir un procedimiento quirúrgico simple y de rápida curación, haciendo posible una colocación sencilla y también una extracción con facilidad tras la tracción ortodóncica.

A medida que la complejidad de los casos de ortodoncia aumenta, también lo hace la necesidad de un anclaje adecuado. La gestión efectiva del anclaje, así como una buena planificación del mismo, suponen un papel crucial en el éxito del tratamiento. La función principal de los minitornillos es aportar puntos de anclaje adicionales para aplicar fuerzas ortodóncicas controladas. La combinación de anclaje absoluto y temporal que proporcionan representa un avance en la práctica ortodóncica. Gracias a estos dispositivos, se pueden evitar movimientos dentales indeseados y conseguir una mayor predictibilidad y eficacia. Por ello, la aparición de los minitornillos ha supuesto un cambio revolucionario en el enfoque de los tratamientos tanto en adultos como en adolescentes, suponiendo un anclaje esquelético absoluto en el hueso alveolar y ofreciendo ventajas notables. El atractivo inicial de los minitornillos radica en su capacidad para proporcionar anclaje confiable e independiente de la dentición, sin tanta dependencia de la cooperación del paciente.

Se ha reconocido que estos minitornillos ofrecen anclaje en las tres dimensiones, lo que ha aumentado el espectro de maloclusiones que pueden tratarse con ortodoncia. Además, se ha evidenciado que el uso de estos dispositivos como anclaje mediante un



control biomecánico adecuado, puede mejorar los efectos de los aparatos de ortodoncia en términos de control de los movimientos dentales y, por ende, de los resultados clínicos.

Su versatilidad permite su uso en una amplia variedad de situaciones clínicas y necesidades ortodóncicas, incluso utilizarse en combinación con otros dispositivos para ampliar las posibilidades de tratamiento y abordar casos más complejos.

El diseño de los minitornillos varía en longitud y diámetro, lo que permite adaptarse a distintas situaciones clínicas y necesidades de cada caso en función de la localización de inserción del minitornillo y de la anatomía ósea y dental del paciente. A lo largo de los años han ido evolucionando cambiando su diseño y apareciendo numerosas posibilidades como son minitornillos autoroscantes o autoperforantes, diseños de doble rosca o rosca simple, o diferentes profundidades de rosca.

La superficie de los minitornillos es más pulida y lisa que la de los implantes dentales, por lo que dependen de una retención mecánica en el hueso, en lugar de producirse una osteointegración. (4)

En el corazón de este progreso se encuentra la importancia de la localización precisa de los minitornillos. Se debe realizar una elección meticulosa de la ubicación de los microtornillos, tomando en consideración la calidad del hueso y la anatomía circundante, y además durante el procedimiento de inserción valorar con detalle la profundidad y ángulo de inserción.

MARCO TEÓRICO



2 MARCO TEÓRICO

Aunque los minitornillos ofrecen múltiples ventajas, su eficacia clínica puede suponer en ocasiones un desafío. Su éxito y estabilidad suelen ser menores que las de los implantes dentales. (5) Tras su inserción pueden producirse complicaciones como inflamación, movimiento, contacto radicular o perforación del seno maxilar. En casos más complejos, como caninos incluidos, dientes ectópicos o labio y paladar hendido, se intensifican los riesgos y complicaciones asociadas.

Numerosos factores pueden influir en sus tasas de éxito o fracaso, por lo tanto deben ser estudiados y analizados en detalle para aumentar en la medida de lo posible la estabilidad de estos dispositivos. Su comprensión y manejo adecuados son esenciales para aprovechar al completo sus beneficios en la práctica clínica y aumentar las tasas de éxito. Además, establecer protocolos terapéuticos adecuados puede ayudar a disminuir las probabilidades de fracaso.

Existe una amplia bibliografía dedicada a la investigación de los minitornillos y su estabilidad, analizando aquellos factores que puedan provocar inestabilidad y fracaso, así como comprender su impacto. Los estudios a menudo carecen de resultados basados en la evidencia o presentan limitaciones debido a la alta heterogeneidad de las muestras. La investigación no ha mostrado resultados homogéneos en múltiples de los factores por lo que resulta necesario un análisis más profundo de los aspectos que pueden influir en el fracaso y eso ha motivado a la realización de esta revisión bibliográfica. Además, la tendencia actual de diseño de los minitornillos parece seguir un camino diferente al que la bibliografía hasta ahora indica como beneficioso en cuanto a tasas de éxito y estabilidad.

El objetivo de esta revisión es analizar los factores que influyen en el éxito y fracaso de los minitornillos y con ello facilitar a los ortodoncistas la elección en función del paciente, procedimiento y biomecánica individual, aumentando en lo posible la estabilidad y tasas de éxito.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS



3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis principal de la presente revisión es:

Múltiples factores afectan a la tasa de fracaso de los minitornillos, entre ellos los dependientes del propio minitornillo como el tamaño, los dependientes del paciente como la edad o la condición ósea, y los dependientes del procedimiento, entre los cuales se encuentran el protocolo de inserción, la localización y la experiencia del operador.

El objetivo principal es:

- Identificar qué factores influyen en las tasas de éxito o fracaso de los minitornillos de ortodoncia.

Los objetivos específicos son:

- Determinar qué factores específicos del diseño del minitornillo pueden favorecer su anclaje.
- Establecer qué pacientes son los idóneos para verse favorecidos por el uso de minitornillos.
- Reconocer cuál es el mejor procedimiento de colocación para facilitar la supervivencia del minitornillo.

MATERIAL Y MÉTODOS

4 MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Diseño y estrategia de búsqueda

Se realizó la búsqueda en la base de datos PubMed-Medline y se aplicaron las siguientes combinaciones de palabras: (Failure AND success AND miniscrews), (Failure OR success AND miniscrews), (Failure AND success AND TADs), (Failure OR success AND TADs), (Complications AND success AND miniscrews), (Complications AND miniscrews), (Complications AND achievements AND miniscrews), (Complications OR achievements AND miniscrews), (Failure AND success AND mini-implants), (Failure OR success AND mini-implants), (Complications AND success AND mini-implants), (Complications AND achievements AND mini-implants), (Complications OR achievements AND mini-implants), (Risk factors AND miniscrews), (risk factors AND mini-implants), (Risk factors AND TADs), (Stability AND miniscrews), (Stability AND mini-implants), (Stability AND TADs).

4.2 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

1. Artículos de los últimos cinco años
2. Idioma Inglés o Español
3. Cuartil de impacto Q1 o Q2
4. Utilización de minitorneillos como anclaje de ortodoncia sin otros dispositivos asociados
5. Sin restricción de maloclusión, género o edad
6. Estudios que emplean marcas o casas comerciales concretas.

Se excluyen los artículos que:

1. Tengan una antigüedad mayor a cinco años.
2. Utilicen cualquier idioma que no sea Inglés o Español.
3. Tengan un cuartil de impacto mayor a Q2.
4. Utilicen minitorneillos asociados a miniplacas o MARPE.



5. Tengan como muestra pacientes con síndromes asociados a deformidades dentofaciales.
6. Empleen marcas o casas comerciales concretas.

4.3 Extracción de datos

Los artículos obtenidos se descargaron y trasladaron a Mendeley. Se obtuvo un total de 930 artículos tras la búsqueda. Tras excluir todas las referencias duplicadas, se evaluaron los títulos y se descartaron 843 artículos, quedando un total de 87. Una vez realizada la lectura de los resúmenes, se eliminan 40. Tras un análisis completo, se eliminan 2. Finalmente, el resultado de artículos que se emplearon en esta revisión consta de 38 artículos. Estos datos se muestran en el diagrama de flujo (Anexo 1).

DISCUSIÓN

5 DISCUSIÓN

Los minitornillos se utilizan habitualmente en la práctica de ortodoncia y ofrecen ventajas notables como anclaje esquelético. La tasa de éxito de los minitornillos es alta, estando en un rango entre 80% y 90% (6–11). Yeji Lee et al. (12) mostraron una tasa de éxito del 83,2%, sin embargo otros autores plantean porcentajes de éxito más elevados, como Daniel Jaramillo-Bedoya et al. (13) y Ramzi Haddad et al. (14) (87,2% y 88,1% respectivamente). Se indican mayores tasas de éxito en el maxilar que en la mandíbula, como es el caso del grupo de trabajo de Dong Wook Lee et al. (15) en el cual se presenta una tasa de éxito del 89,87% para el maxilar y 79,24% para la mandíbula. Estos resultados son variables también en función de la localización del minitornillo, siendo generalmente más exitosos los colocados en la región del paladar. (16)

A pesar de las elevadas tasas de éxito, también debemos tener presente las probabilidades de fracaso, que son variables en los artículos analizados como en la revisión de Daniel Jaramillo-Bedoya et al. (13) con un índice de fracaso del 5%-26% y el estudio de Keiichiro Watanabe et al. (17) con un 10%-30% de fracaso. (18)

La variabilidad en los resultados puede deberse a las discrepancias en los criterios empleados para definir éxito y fracaso de los minitornillos. La mayor parte de bibliografía define como fracaso la movilidad o pérdida del minitornillo (7,9,19,20). Por otra parte, el éxito del minitornillo se considera la permanencia con buena estabilidad hasta conseguir los resultados clínicos (9,11,16,19) pero otros autores hablan de ausencia de movilidad durante la aplicación de la fuerza ortodóncica (7).

A la hora de colocar un minitornillo de ortodoncia, la estabilidad primaria desempeña un papel fundamental para garantizar el pronóstico a largo plazo del mismo. Este aspecto está influenciado por una variedad de factores: aquellos asociados con el minitornillo, los relacionados con el paciente y los inherentes al procedimiento quirúrgico. Todos estos factores pueden producirse de manera individual o simultánea, ser interdependientes entre sí, y coexistir de forma que se aumenten las probabilidades de fracaso del minitornillo.



5.1 Factores relacionados con el minitornillo

Los aspectos relacionados con el minitornillo incluyen tanto sus propiedades físicas como materiales. Esto engloba el tamaño del minitornillo, que comprende tanto su diámetro como su longitud, los cuales son fundamentales para su estabilidad y su rendimiento en la práctica clínica. Asimismo, se examinará la configuración del minitornillo, que incluye elementos como su diseño y la disposición de la rosca. Específicamente, se prestará atención a la profundidad y el paso de la rosca, así como a la posible presencia de una rosca doble. Por último, se evaluarán y estudiarán tanto el material del minitornillo como su superficie.

5.1.1 Tamaño

Se ha demostrado una relación entre la dimensión y geometría del minitornillo y la estabilidad primaria. Tanto longitud como diámetro son aspectos ampliamente estudiados en la literatura especializada y se reconocen como elementos cruciales para prevenir posibles daños y fracasos de los dispositivos de anclaje temporal.

DIAMETRO

Existe gran controversia acerca del diámetro de los minitornillos y cómo influye en su éxito o fracaso. Mientras que algunos grupos de estudio afirman la existencia de una correlación clara entre el diámetro y la estabilidad primaria (1,11,21) otros concluyen que no es una variable que afecte al resultado. El grupo de Santosh Mohan et al. (22) compara los diámetros 1,3mm y 1,5mm en hueso sintético y no encuentra diferencia estadísticamente significativa en los valores de resistencia entre ambos diámetros. Yilin Xin et al. (16), en su estudio retrospectivo, llegan al mismo resultado habiendo analizado la colocación de minitornillos de 1,4mm y 2mm de diámetro en pacientes en tratamiento de ortodoncia.

Entre los estudios que defienden que sí existe correlación entre el diámetro y la estabilidad del minitornillo también existe cierta discrepancia. Algunos como el de Safiya Sana et al. (21) afirman que cuanto mayor es el diámetro, mayor es la compresión ósea, lo que lleva a una mayor estabilidad primaria. Los resultados de este estudio



concuerdan con otros que dicen que los minitornillos estrechos se comportan peor porque son más susceptibles a la fractura (1) y que los diámetros más pequeños proporcionan menor superficie de unión y, además, son más débiles y propensos a fracturarse. (11) Sin embargo, también existen estudios que muestran resultados opuestos, defendiendo que un aumento en el diámetro de los minitornillos de ortodoncia produce niveles más altos de microdaños óseos, lo cual puede afectar a la estabilidad primaria. (23) También hay que tener en cuenta que con diámetros menores hay menor riesgo de proximidad o contacto radicular a las raíces adyacentes y eso podría contribuir a tasas de éxitos más altas en localizaciones interproximales. (1)

Los diferentes resultados presentes en la bibliografía que analiza y compara el diámetro de estos dispositivos pueden atribuirse a varias condiciones. Por un lado no todos los estudios comparan los mismos diámetros de minitornillos ni realizan la colocación en las mismas condiciones, dado que algunos los insertan en pacientes reales mientras que otros los implantan en huesos sintéticos o de animales. Por otro lado, los estudios que analizan el éxito del implante centrándose en la estabilidad primaria no son equivalentes a aquellos que examinan la proximidad radicular. Se puede suponer que un implante estrecho tendrá peor estabilidad primaria pero pronóstico más favorable respecto al contacto radicular, y por ello pueden aparecer resultados dispares o contradictorios en función de las variables o factores que analiza cada estudio.

LONGITUD

La longitud afecta significativamente al porcentaje de éxito o fracaso del minitornillo. (24) Además, parece tener mayor influencia que el diámetro según indican S.C. Möhlhenrich et al. (25) y Sachin Chhatwani et al. (26)

Se puede suponer que a mayor longitud del minitornillo, mayor estabilidad o retención mecánica. Diana Milena Ramírez-Ossa et al. (1) comparten esta opinión. Santosh Mohan (22) y su grupo de estudio analizan longitudes de 6 mm y 8 mm y concluyen que los miniimplantes más largos proporcionan una mejor resistencia a la extracción. En el

estudio de Yilin Xin et al. (16) se demuestra que longitudes de 8mm se asocian a mayores tasas de fracaso (26,8%) con respecto a 9 mm (7,5%) y 10 mm (7,2%).

Sin embargo, el metaanálisis de Maria Dolores Casaña Ruiz et al. (11) no mostró que los miniimplantes de 8mm o más de longitud sufran menos fracasos que aquellos que tienen longitudes menores. Estos resultados pueden estar debidos a que una mayor longitud también implica una mayor proximidad o cercanía a las raíces de los dientes próximos.

Por tanto, se puede conseguir una mejora en la estabilidad gracias al uso de minitornillos de mayor tamaño, pero hay que tener en cuenta que este factor se ve influenciado y relacionado con otros como la densidad ósea y el espesor de la cortical. (27) Algunas investigaciones muestran que el tamaño influye en mayor medida a huesos de baja calidad, teniendo sin embargo menos relevancia en huesos de alta calidad. (25) Yilin Xin et al. (16) concuerdan con estos hallazgos y afirman que en huesos de menor densidad hay ventajas al utilizar mayor tamaño de minitornillos, pero que incluso cuando se utilizan minitornillos de longitud elevada, se deben intentar insertar en lugares de calidad ósea media-buena. (16)

5.1.2 Forma

Diferentes parámetros relacionados con la forma como son el diseño geométrico o la profundidad y configuración de la rosca suponen un impacto en el éxito o fracaso de los minitornillos.

DISEÑO DE FORMA

Este es un factor que está estrechamente relacionado con el tamaño (longitud y diámetro). Sachin Chhatwani et al. (26) en su estudio in vitro sobre modelos de hueso artificial afirman que los minitornillos cónicos y cilíndricos no muestran diferencias significativas en el rendimiento siempre que sean de igual longitud y diámetro. Sin embargo, la revisión sistemática de Diana Milena Ramírez-Ossa et al. (1) distingue entre



maxilar y mandíbula, siendo los cónicos mejores en tasas de éxito en la mandíbula pero no habiendo diferencias relevantes en el maxilar.

El fracaso de los minitornillos está altamente relacionado con microdaños en tejido óseo cortical durante la inserción, lo que puede conllevar el aflojamiento del minitornillo al afectar a su estabilidad primaria. Se observaron mayores niveles de microdaños óseos cuando se emplearon minitornillos cilíndricos respecto a los cónicos. (23) Esta idea es compartida por otros estudios como el de Keiichiro Watanabe et al. (17) y el de Safiya Sana et al. (21), aunque éste último asocia la forma cónica con el tamaño y afirma que si la longitud cónica es más corta tiene mejor estabilidad y menores tensiones en el hueso circundante al minitornillo.

Por otro lado, el estudio de Fataneh Ghorbanyjavadpour et al. (6) defiende la forma cilíndrica como ventajosa en el éxito de los minitornillos. Sin embargo, las mediciones de las tensiones en el hueso circundante resultaron ser muy por debajo del umbral tolerable, por lo que consideran que tanto cónicos como cilíndricos son seguros.

DISEÑO DE LA ROSCA:

Es imprescindible tener en cuenta la relevancia clínica del efecto que tienen el paso y la altura de la rosca en la tasa de fracaso de los minitornillos. (23) Aunque es algo altamente estudiado, no se ha llegado a un claro consenso.

-Profundidad de rosca:

Un aumento de la profundidad de la rosca podría suponer un mayor contacto entre superficie del minitornillo y el hueso circundante, lo que podría reducir tensiones en la zona. Sin embargo, (28) en su estudio no encontraron relación alguna entre profundidad de rosca y superficie de contacto, incluso además añaden que el aumentar la profundidad de la rosca implica una disminución del diámetro interno del minitornillo resultando más débil y aumentando la probabilidad de micromovimiento. Por otro lado,



también existe evidencia de que la profundidad de rosca parece no tener influencia significativa en la estabilidad de los minitornillos. (29)

-Doble rosca:

El diseño de doble rosca para tornillos colocados en el maxilar parece ser una ventaja significativa en la supervivencia de los minitornillos en comparación con diseños convencionales. La doble rosca permite mayor contacto con el hueso cortical ayudando a la estabilidad. El estudio de Mohsen Merati et al. (7) revela que los minitornillos de doble rosca presentan tasas de éxito más elevadas que los de rosca simple o única (97,8% y 86,7% respectivamente). En cuanto a tiempo de duración en días también son más favorables en supervivencia los de doble rosca.

Sin embargo, a pesar de que parece haber ventajas en el uso de los minitornillos de doble rosca, hay que tener precaución analizando los resultados, puesto que existe una clara diferencia según la localización del minitornillo. Este estudio y el de Yeji Lee et al. (12) recomiendan no emplear doble rosca en localizaciones con alta densidad ósea para evitar el sobrecalentamiento que se puede producir, especialmente en la mandíbula, aunque ambos indican que las diferencias no son estadísticamente significativas.

-Paso de rosca:

En teoría, un minitornillo con un paso de rosca más pequeño tendría un mayor área de contacto entre hueso y superficie de minitornillo, lo que debería traducirse en estabilidad primaria superior. Algunos estudios apoyan esta hipótesis como el de Chalermporn Budsabonga et al. (30) que afirma que el paso de rosca es un factor altamente contribuyente a la estabilidad primaria, siendo los pasos de rosca más estrechos los que afectan positivamente a la estabilidad y éxito. Otros estudios han reportado resultados opuestos (23,29) debido a que un paso de rosca más estrecho también implicará mayores microdaños y tensión en el hueso durante la inserción y consecuentemente disminución de la estabilidad, esto se vería acentuado en huesos de

mayor densidad como la mandíbula. Sin embargo, estos últimos estudios también afirman que la evidencia al respecto no es clara y no se sabe realmente si el paso de rosca afecta clínicamente al minitornillo. Yushan Ye et al. (28) consideran 0,7mm el paso de rosca más adecuado para mejorar de forma eficaz la estabilidad primaria de los minitornillos.

5.1.3 Material (acero vs titanio)

Se han realizado numerosos estudios que evalúan el desempeño de los minitornillos fabricados con diferentes materiales, principalmente titanio y acero inoxidable, y sus resultados han generado debates sobre cuál es la mejor opción. La revisión de Paulo Mecenas et al. (31) y el estudio de Chalernporn Budsabong et al. (30) concuerdan en que las tasas de éxito de ambos materiales son muy similares y confirman que presentan resultados semejantes con respecto a la estabilidad primaria, resistencia a la fractura y torsión, estabilidad mecánica y respuestas histológicas y microdaños.

A favor del titanio, es una aleación que contiene elementos que mejoran la resistencia a la flexión y previenen posibles riesgos de fracaso. (1) Chang et al. informaron que el acero inoxidable en estos dispositivos tenía una tasa de fracaso ligeramente mayor que el titanio, aunque de manera insignificante. En líneas generales, parece ser el material más empleado para los minitornillos, y presenta mejor biocompatibilidad, resistencia a la corrosión y capacidad de osteointegración. Sin embargo, el titanio presenta alguna desventaja como su coste más elevado y la necesidad de un fresado previo en casos de huesos densos. (31)

En lo que respecta al acero inoxidable, algunos estudios respaldan que, debido a su menor coste y eficacia similar, continúa siendo considerado una excelente alternativa, especialmente por sus propiedades mecánicas y resistencia. (31) Además, presentan una mejor penetración y no requieren de una perforación previa. (32)

En resumen, la elección del material en los minitornillos de ortodoncia parece tener un impacto limitado en su estabilidad y éxito. Aunque ambos materiales presentan ventajas



e inconvenientes, se considera que son válidos y adecuados para su empleo en tratamientos de ortodoncia, ofreciendo similitudes en las tasas de éxito.

5.1.4 Superficie

En este punto podemos diferenciar entre diferentes rugosidades de la superficie del minitornillo (refiriéndonos al diseño) y diferentes tratamientos que se pueden hacer en la superficie de los minitornillos para lograr una mejor estabilidad y éxito de los mismos. Respecto al primer punto, el estudio de Matheus C.T. van den Braak et al. (18) no muestra diferencias significativas entre superficies de distintas rugosidades. Sin embargo en cuanto a los numerosos tratamientos de superficie de los minitornillos existe mayor controversia y todavía son necesarios más estudios para poder resolver el debate presente. Entre los tratamientos comentados en la literatura se encuentran el arenado de la superficie, grabado con ácido o sumergir las superficies activas en agentes antimicrobianos, hidroxiapatita (HA) o factores de crecimiento.

5.2 Factores relacionados con el paciente

Se examinan los diversos factores relacionados con el paciente, que abarcan aspectos como la edad, el sexo y la ubicación del minitornillo en el maxilar o la mandíbula. Además, se considerará la condición ósea del paciente, tanto en términos de densidad ósea como de espesor de la cortical, y la higiene del paciente.

5.2.1 Edad

Los pacientes adultos tienen mayor densidad ósea y cantidad de hueso cortical que los adolescentes en crecimiento, lo que contribuye a la estabilidad de los minitornillos. Este es el principal motivo que utilizan aquellos estudios que obtienen mejores tasas de éxito en pacientes de mayor edad para respaldar sus resultados. (13,20) Los adolescentes presentan una calidad ósea inferior y una tasa de recambio óseo más elevada que dificulta la obtención de una óptima estabilidad. (12) Sin embargo, se ha encontrado



algún estudio con hallazgos opuestos, pero los investigadores sugieren que estos resultados pueden estar influenciados por otros factores como el grosor del periodonto o una mayor incidencia de hábitos perjudiciales como el consumo de tabaco en adultos.

(1)

En el estudio de Yilin Xin et al. (16) la variable edad no resultó ser significativa. Esto podría deberse a que la mayor parte de los pacientes de su muestra eran pacientes jóvenes. Se requieren estudios futuros con rangos de edades más amplios para poder esclarecer la relación que existe entre edad y éxito o fracaso de los minitornillos.

El grupo de investigadores liderado por Ryosuke Ikenaka (33) sostiene que el fracaso del minitornillo no se ve afectado por la edad del paciente. El estudio retrospectivo de Mohsen Merati et al. (7) también observa tasas de éxito similares entre las distintas edades analizadas, pero en este caso puede estar relacionado con el uso de minitornillos con diseño de doble rosca, lo que favorece la estabilidad y el éxito clínico incluso en adolescentes, suponiendo en estos casos la edad un factor secundario que pierde relevancia.

En definitiva, la edad se ha identificado como un factor relacionado con la estabilidad de los minitornillos, obteniendo mayor éxito los insertados en pacientes adultos.

5.2.2 Sexo

En este punto parece haber mayor concordancia, ya que la mayor parte de la bibliografía analizada no encuentra el sexo como un factor influyente en la estabilidad de los minitornillos. (1,11,12,33)

El estudio de Ramzi Haddad et al. (14) observó una mayor tasa de éxito en hombres (91,7%) que en mujeres (84,1%). Datos contrarios obtuvieron Mohsen Merati et al. (7) , con un 94,7% de éxito en mujeres y un 87,9% en hombres. Este resultado podría deberse a la mayor densidad ósea que presentan los hombres, lo que implicaría una necesidad de torque excesivo durante la inserción del minitornillo que pudiera afectar o influir en el fracaso del mismo. Sin embargo, estos estudios y otros muchos que encuentran



alguna diferencia en el éxito de los miniimplantes entre hombres y mujeres, no obtuvieron significación estadística, por lo tanto, se concluye que no existe una asociación significativa entre sexo y estabilidad del minitornillo.

5.2.3 Maxilar o mandíbula

En este punto existe un claro consenso, siendo el maxilar la localización que obtiene mayores tasas de éxito. (1,9,11,15) Algunos estudios, como el de Shuting Zhang et al. (9) confirman que el riesgo de fracaso es cuatro veces mayor en la mandíbula. Esta disparidad se atribuye principalmente a la mayor densidad ósea que presenta la mandíbula en comparación con el maxilar. Aunque esto podría sugerir inicialmente una mayor estabilidad, en realidad conlleva un aumento del torque durante la inserción del minitornillo, lo que deriva en un sobrecalentamiento de la zona. (1) Esto puede ocasionar microlesiones y osteítis, que contribuyen al aflojamiento del minitornillo. (9)

Dentro del maxilar, se sugiere que en el paladar duro podría haber una estabilidad primaria ligeramente mayor. (27)

5.2.4 Condición ósea

La estabilidad se ve influenciada tanto por el espesor de hueso cortical como por la densidad de hueso trabecular.

DENSIDAD OSEA

Mientras que algunos autores defienden que no existen diferencias en la estabilidad de los minitornillos insertados en huesos de alta o baja densidad (15,22) existen otros que opinan lo contrario. (34) Sachin Chhatwanii et al. (26) en su estudio experimental afirma que la estabilidad primaria de los minitornillos disminuye en los huesos de baja densidad.

ESPESOR CORTICAL

El grosor del hueso cortical se relaciona estrechamente con el ajuste mecánico del minitornillo y depende de variables como la edad, sexo o biotipo facial. (32,35)

Varios estudios defienden que un hueso de inserción con mayor cantidad de cortical muestra mayores tasas de éxito de minitornillos, aunque en el grupo de Dong-Wook Lee et al. (15) no encontraron significación estadística. A pesar de ello, un mayor espesor de cortical se asocia también con mayor daño a los minitornillos, lo que puede disminuir la estabilidad primaria si el minitornillo es reinsertado. Shuting Zhang et al. (9) consideran que una cantidad inadecuada de hueso cortical como es <1mm puede provocar aumentar hasta cinco veces más la probabilidad de fracaso del minitornillo, en comparación con corticales de más de 1mm de espesor. Por lo tanto, en aquellos casos que se necesite insertar un minitornillo en zonas de espesor cortical bajo, se recomienda cambiar la angulación de inserción para conseguir aumentar la cantidad de superficie de minitornillo en hueso cortical. (32)

5.2.5 Higiene

Se ha observado una correlación entre el fracaso de los minitornillos y la inflamación gingival de tejidos adyacentes, lo cual puede ser provocada por una higiene bucal deficiente por parte del paciente. Diversas investigaciones indican que existe una mayor tasa de fracaso de minitornillos en pacientes con higiene bucal deficiente, dado que esta afecta de forma directa a la inflamación y estabilidad. (20) Considerando que la mayoría de la población es diestra, muchos autores sugieren que el lado izquierdo tiene tasas de éxito superiores debido a una mejor higiene en esta área. (1)

A pesar de estas observaciones, estudios recientes afirman que las diferencias en los índices de fracaso entre el lado derecho e izquierdo no son estadísticamente significativas, lo que implica que no existen diferencias en las tasas de éxito entre minitornillos insertados en el lado izquierdo y derecho de la boca. (11,14,16) En el grupo de trabajo de Muhammad Azeem et al. (19) la higiene bucal y la inflamación no

afectaron a la tasa de fracaso. Se requieren más investigaciones que aborden específicamente la influencia de la higiene e inflamación de los tejidos circundantes en el fracaso de los minitornillos.

5.3 Factores relacionados con el procedimiento

Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los elementos asociados al procedimiento de colocación de minitornillos. Esto comprenderá la técnica empleada para la inserción, considerando la posible utilización de un fresado guía, la temperatura durante el proceso y la decisión de realizar o no un colgajo. También se evaluará la ubicación del minitornillo en relación con los tejidos blandos y duros, así como su posible impacto en las raíces dentales cercanas. Otros aspectos a tener en cuenta incluyen la técnica de inserción en sí, abordando el torque aplicado, la angulación y la profundidad. Por último, se examinará la experiencia del profesional y la viabilidad de reinsertación o reutilización de los minitornillos, lo cual podría afectar el curso del tratamiento ortodóncico.

5.3.1 Método de colocación

Referente a la utilización o no de un fresado guía, en algunos estudios es defendido como predictor de mayor estabilidad pero en otros se indica que no existen diferencias significativas y puede ser un factor dependiente del paciente. (8) Chutimont Teekavanich et al. (36) opinan que se mejora la estabilidad primaria de los minitornillos mediante un fresado previo que permite disminuir la tensión de compresión del hueso circundante al minitornillo durante la inserción y con ello se reduce la deformación plástica del hueso cortical (microdaños). En este estudio, recomiendan en concreto fresados guía de 1mm para minitornillos de 1,3mm de diámetro.

En cuanto al uso de colgajo o no en la inserción de los minitornillos, existe una evidencia sólida que respalda la idea de que los minitornillos deben ser insertados sin levantar un colgajo de tejido gingival. De esta forma se pueden prevenir molestias, inflamación y dolor al paciente, así como evitar posibles complicaciones que puedan surgir durante el proceso de cicatrización que puedan conllevar la pérdida del minitornillo. (1,11)

Por último, un factor que es muy relevante en el método de colocación de los minitornillos es controlar la temperatura durante la inserción. El éxito del minitornillo se puede ver altamente influenciado si durante la colocación se produce un sobrecalentamiento excesivo por una técnica inadecuada, que puede conllevar un desgaste óseo e inestabilidad del minitornillo. (16) Este sobrecalentamiento puede producir hiperemia, necrosis, degeneración osteocítica y aumento de la actividad osteoclástica, pudiendo suponer daños irreversibles en la zona que afectarán a la estabilidad del dispositivo de anclaje temporal. (25)

En el estudio de Yilin Xin et al. (16) se analiza en detalle este concepto de sobrecalentamiento durante la inserción y se relaciona con otros factores y causas. Sugieren que puede ser reducido o controlado mediante una perforación previa o una adecuada angulación del minitornillo. Además, lo relacionan también con el tamaño del implante y explican que se puede producir alta temperatura especialmente en minitornillos de mayor longitud, algo que a veces se puede suponer que aumentará la estabilidad primaria. Por otro lado, la relación entre sobrecalentamiento y localización del minitornillo es muy estrecha, puesto que la mandíbula al presentar una mayor densidad ósea favorece la aparición de este problema lo que podría explicar las tasas de fracaso más reducidas en el maxilar.

5.3.2 Localización

La ubicación de los minitornillos de ortodoncia con respecto a la zona de tejido gingival donde se insertan supone un factor clave que ha sido analizado en la literatura especializada en ortodoncia. Se ha observado consistentemente que la inserción de los minitornillos en la mucosa alveolar tiende a presentar tasas de fracaso más altas en comparación con aquellos colocados en la encía queratinizada o la línea mucogingival. Esto se debe a que la mucosa alveolar, por su movilidad y su incapacidad para sellar adecuadamente alrededor del cuello del minitornillo, puede favorecer una respuesta tisular hiperplástica, lo que conlleva en numerosos casos a la pérdida del minitornillo. En general, la inserción en la encía queratinizada se asocia con tasas de éxito más altas



(1,31), debido a su capacidad para ofrecer una mejor estabilidad y mantenimiento a largo plazo sin inflamación. (14)

Respecto a la posición ósea del minitornillo, investigaciones han revelado que una mayor separación entre el minitornillo y la cresta alveolar está correlacionada con una tasa de éxito superior, tanto en el maxilar como en la mandíbula. Esto sugiere que colocar el minitornillo a una distancia mayor del borde crestal, donde el hueso es más grueso, aportará mayor estabilidad. (14)

5.3.3 Contacto radicular

Gran cantidad de estudios respaldan que el contacto radicular es un factor crucial de pronóstico de fracaso de los minitornillos. Este riesgo es más pronunciado en los minitornillos interradiculares, donde hay más probabilidades de producirse contacto radicular. Se incrementa todavía más si se trata de la mandíbula, ya que el tabique interradicular es más estrecho que en el maxilar, especialmente en la zona entre segundos premolares y primeros molares. (15) Yeji Lee et al.(12) defienden que en los casos en los que se produjo contacto radicular la tasa de éxito fue del 40%, frente al 91,9% que obtuvieron al colocarlos en una posición adecuada interradicular. Argumentan que las fuerzas de ortodoncia aplicadas a los dientes pueden transmitirse de forma intermitente a los minitornillos, provocando su pérdida.

El equipo de trabajo de Ryosuke Ikenaka et al. (33), señala que no solo el contacto con las raíces sino también la duración de este contacto y el aumento de área de contacto pueden provocar el aflojamiento del minitornillo. Sin embargo este estudio encontró también que la mitad de los minitornillos que tuvieron contacto radicular no fracasaron, por tanto sugieren que el contacto con la raíz en sí mismo no es un factor que afecte al fracaso sino que depende de otros muchos factores y lo que sí se puede concluir es que aumenta el riesgo de fracaso a medida que aumenta el área de contacto.

Existe otra parte de la literatura que defiende que el contacto radicular no tiene ningún efecto significativo sobre el pronóstico de los minitornillos. (1,9,14) En la revisión de



Diana Milena Ramirez-Ossa et al. (1) señalan que si el minitornillo tiene contacto con una raíz puede incluso aportar estabilidad, sin embargo si el contacto es con más de una raíz aumenta el riesgo de fracaso. Al planificar la colocación de los minitornillos, es crucial elegir cuidadosamente su diámetro y la dirección de inserción. Shuting Zhang et al. (9) en su revisión plantean que los minitornillos con un diámetro inferior a 1,5mm son los más adecuados para colocar en áreas interproximales y obtener una mayor probabilidad de éxito. También recomiendan mantener una distancia mínima de 1mm entre la superficie externa del minitornillo y la raíz.

5.3.4 Inserción del minitornillo

TORQUE DE INSERCIÓN

Se ha observado que un mayor torque durante la inserción de los minitornillos implica un mayor riesgo de fracaso de los mismos, debido a que se producen mayores niveles de estrés que pueden provocar condiciones de isquemia local o necrosis en el hueso circundante al minitornillo (11) Existen diferentes opiniones respecto a la intensidad y duración de la fuerza que se debe aplicar en la inserción. En la revisión de Maria Dolores Casaña-Ruiz et al. (11) se analiza que los valores de torque de inserción deben ser superiores a 5 Ncm pero no superiores a 10 Ncm. Por otro lado, torques de inserción excesivamente bajos parecen ser también problemáticos. (16)

ANGULO DE INSERCIÓN

La distribución de fuerzas en la superficie del minitornillo y el hueso que lo rodea, depende en gran medida de la profundidad y ángulo de inserción. El ángulo de inserción es crucial para garantizar la máxima estabilidad al minitornillo. (14)

Según el estudio de Yuzo Hirai et al. (37), realizar una inserción de forma oblicua y ascendente mejora la estabilidad de los minitornillos. Sin embargo, la mayor parte de artículos contradicen esa afirmación. Por ejemplo, Santosh Mohan et al. (22) sostiene que los ángulos de colocación de 60º y 90º proporcionan una resistencia mayor frente a



la angulación de 30º, respaldado por evidencia estadística. Asimismo, Sana Et al. (21) encontraron como angulación de inserción más favorable la de 90º, ya que con esta inserción se minimizan las tensiones en minitornillo y hueso durante las fuerzas del tratamiento de ortodoncia. Defienden además que si la inserción se realiza de forma oblicua se crean brazos de palanca más largos y dificulta la inserción completa de las roscas en el hueso, lo que afecta negativamente a la estabilidad.

Existen opiniones intermedias que indican que la angulación no es un factor relevante en la estabilidad del minitornillo como el ensayo clínico de Amin Golshah et al. (10) que compara angulaciones de 45º y 90º en localización interradicular para retracción de caninos. Defiende que clínicamente, el ángulo de inserción no presenta efectos significativos en la tasa de fracaso de los minitornillos y por tanto se recomienda que la elección de angulación se base en condiciones clínicas y anatómicas del paciente o requerimientos biomecánicos del tratamiento de ortodoncia.

La controversia presente con este tema puede deberse a la estrecha relación que puede tener con la cantidad y calidad óseas en el lugar de inserción. Si se aumenta la angulación de inserción en una localización de alta densidad ósea se aumentan las probabilidades de fracaso. (10,25) Sin embargo, no está claro el efecto de la angulación en huesos de baja densidad o esponjosos, por lo tanto se requieren más investigaciones futuras que analicen este punto diferenciando entre localizaciones maxilares y mandibulares, o analizando previamente con CBCT la situación ósea inicial previa a la colocación del minitornillo.

PROFUNDIDAD DE INSERCIÓN.

La estabilidad aumenta según se aumenta la profundidad de inserción, independientemente del ángulo de inserción. (37) Jie Jin et al. (34) señalan que una profundidad de inserción de 3mm intraósea resulta insuficiente, ya que no permite una penetración completa en el hueso cortical lo que conduce a una superficie de contacto inadecuada entre hueso y minitornillo, comprometiendo la estabilidad necesaria para el

éxito del procedimiento. Al analizar profundidades de inserción de 5mm y 6mm, no se observaron diferencias significativas.

5.3.5 Experiencia

La destreza del operador parece ejercer una influencia notable en la estabilidad de los minitornillos. Esto fue destacado en la investigación realizada por Muhammad Azeem et al. (19), quienes encontraron que la habilidad del operador fue el único factor que mostró una asociación significativa con el fracaso de los minitornillos en su estudio. Por lo tanto, se observa una menor incidencia de éxito cuando el minitornillo es insertado por un operador inexperto y la probabilidad de fracaso tiende a disminuir al aumentar años de experiencia. (1,20)

5.3.6 Reinserción o reutilización del minitornillo

Aunque los minitornillos se catalogan como dispositivos de un solo uso y generalmente no se aconseje su reutilización existen circunstancias en las cuales la esterilización y reinserción en el mismo paciente podrían considerarse desde un enfoque práctico y económico. Esta medida podría justificarse si el primer intento de inserción tiene un contacto radicular, si la estabilidad primaria no se logra debido a la baja calidad de hueso, o si una raíz dental interfiere después del movimiento ortodóncico. Aunque utilizar minitornillos previamente utilizados en otros pacientes entraña riesgos significativos en términos de seguridad biológica, volver a emplear un minitornillo en el mismo paciente no conlleva los mismos riesgos y puede ayudar a reducir costes. (35,38)

La reinserción de minitornillos de ortodoncia en un mismo paciente genera opiniones encontradas en la literatura científica. Algunos estudios sugieren que es posible alcanzar una estabilidad similar al reinsertar minitornillos, siempre que se sigan protocolos de limpieza y esterilización. (19) Sin embargo, otros estudios como el realizado por Felipe Nenen et al. (38) alertan sobre posibles efectos negativos en la estabilidad y la integridad estructural de los minitornillos. Se ha observado que la reinserción produce deformaciones en las puntas y roscas, especialmente cuando se utiliza una técnica autoperforante. Este mismo estudio afirma que los minitornillos reinsertados, incluso



después de haber sido sometidos previamente a fresado guía, muestran un leve aumento del daño estructural bajo evaluación microscópica lo que sugiere un deterioro en su integridad después de cada inserción.

Se ha observado que en hueso cortical de alta densidad, la reinserción puede ser aún más problemática. Si bien la mayor densidad ósea facilita una mayor estabilidad primaria, también causa un daño más significativo al minitornillo durante su inserción y extracción. Esto aumenta el riesgo de fallo durante la reinserción, por lo que no se recomienda reinserir minitornillos, especialmente en casos de hueso cortical de alta densidad. (35) Se requieren más investigaciones para evaluar completamente los riesgos y beneficios de esta práctica y establecer pautas claras para su aplicación en la práctica ortodóncica.

Aunque se encuentran tasas de éxito elevadas para los minitornillos y se ha encontrado relación entre la estabilidad de los mismos con muchos de los factores analizados, como se muestra en la tabla de resultados obtenidos de los factores analizados (Anexo 2), esta revisión tiene algunas limitaciones. Entre ellas se encuentra la dificultad para encontrar un consenso sobre la terminología empleada en la literatura para los minitornillos; algunos estudios emplean el nombre microtornillos, miniimplantes, microimplantes o TADs (incluyendo este último en algunos casos a los minitornillos y miniplacas, y en otros haciendo referencia únicamente a los minitornillos). Otra limitación encontrada es que no se encontró suficiente bibliografía para analizar factores relacionados con el tratamiento, como la aplicación de cargas tempranas o tardías en los minitornillos, o comparativas entre el uso de minitornillos en aparatología fija o removible. Además, la interpretación de los resultados y conclusiones de los estudios se vió afectada por la alta variabilidad de factores que analiza cada artículo y diferentes métodos de analizar los parámetros en la inserción de los minitornillos como la utilización de huesos artificiales, huesos animales o humanos.

CONCLUSIONES



6 CONCLUSIONES

- Dentro de los factores relacionados con el minitornillo, un tamaño mayor contribuye a una mayor estabilidad y éxito, siendo especialmente relevante en huesos de baja densidad.
- Dentro de los factores relacionados con el paciente, se observa una menor tasa de fracaso en adultos en comparación con adolescentes en crecimiento. Además, el maxilar obtiene claramente mayores tasas de éxito, mientras que espesores óseos menores a 1 mm predisponen al fracaso.
- Dentro de los factores relacionados con el procedimiento, se han identificado tasas de fracaso más elevadas en casos en los que la inserción se realiza con sobrecalentamiento, en mucosa alveolar, a una distancia insuficiente del borde crestal, con un torque excesivo y a una profundidad insuficiente. Además, la falta de habilidad o experiencia del operador también contribuye a un mayor riesgo de fracaso.
- Es crucial examinar los resultados con precaución debido a algunas deficiencias en la bibliografía analizada, como la homogeneidad de los métodos utilizados y la falta de inclusión de diversas variables de forma conjunta para un análisis más completo.

FUTURA INVESTIGACIÓN



7 FUTURA INVESTIGACIÓN

Es imperativo llevar a cabo investigaciones adicionales con muestras más uniformes y protocolos estandarizados, explorando la interacción entre diversos factores que inciden en el éxito o fracaso de los minitornillos. Se hace indispensable alcanzar un consenso en la terminología empleada y dirigir más estudios hacia los aspectos biomecánicos, la cantidad de fuerza aplicada, el momento de la carga, así como el tipo de aparatología utilizada. Futuros estudios deben abordar esta carencia de evidencia, estableciendo un protocolo estándar que garantice la coherencia en los resultados y permita una base sólida para las recomendaciones clínicas.

BIBLIOGRAFÍA



8 BIBLIOGRAFÍA

1. Ramírez-Ossa DM, Escobar-Correa N, Ramírez-Bustamante MA, Agudelo-Suárez AA. An Umbrella Review of the Effectiveness of Temporary Anchorage Devices and the Factors That Contribute to Their Success or Failure. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*. 2020 Jun 1;20(2).
2. Thomas D. Creekmore DMKEDM. The Possibility of Skeletal Anchorage. *Journal of Clinical Orthodontics*. 1983;266–9.
3. Ryuzo Kanomi DP. Mini-Implant for Orthodontic Anchorage. *Journal of Clinical Orthodontics*. 1997;XXXI Numer 11:763–7.
4. Cousley RRJ, Sandler PJ. Advances in orthodontic anchorage with the use of mini-implant techniques. *Br Dent J*. 2015 Feb 16;218(3):E4.
5. Palone M, Darsiè A, Maino GB, Siciliani G, Spedicato GA, Lombardo L. Analysis of biological and structural factors implicated in the clinical success of orthodontic miniscrews at posterior maxillary interradicular sites. *Clin Oral Investig*. 2022 Apr 1;26(4):3523–32.
6. Ghorbanyjavadpour F, Kazemi P, Moradinezhad M, Rakhshan V. Distribution and amount of stresses caused by insertion or removal of orthodontic miniscrews into the maxillary bone: A finite element analysis. *Int Orthod*. 2019 Dec 1;17(4):758–68.
7. Merati M, Ghaffari H, Javid F, Ahrari F. Success rates of single-thread and double-thread orthodontic miniscrews in the maxillary arch. *BMC Oral Health*. 2024 Dec 1;24(1).
8. Watanabe K, Lee S, Lee D, Zheng F, Kyung HM, Kim DG, et al. Evaluation of clinical parameters for the stability of 2 types of miniscrews. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2022 Mar 1;161(3):437–44.
9. Zhang S, Choi Y, Li W, Shi D, Tang P, Yang L, et al. The effects of cortical bone thickness and miniscrew implant root proximity on the success rate of miniscrew implant: A retrospective study. *Orthod Craniofac Res*. 2022 Aug 1;25(3):342–50.
10. Golshah A, Gorji K, Nikkerdar N. Effect of miniscrew insertion angle in the maxillary buccal plate on its clinical survival: a randomized clinical trial. *Prog Orthod*. 2021 Dec 1;22(1).
11. Casaña-Ruiz MD, Bellot-Arcís C, Paredes-Gallardo V, García-Sanz V, Almerich-Silla JM, Montiel-Company JM. Risk factors for orthodontic mini-implants in skeletal anchorage biological stability: a systematic literature review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2020 Dec 1;10(1).
12. Lee Y, Choi SH, Yu HS, Erenbat T, Liu J, Cha JY. Stability and success rate of dual-thread miniscrews: A retrospective study using the buccal alveolar region as the insertion site. *Angle Orthodontist*. 2021 Jul 1;91(4):509–14.
13. Jaramillo-Bedoya D, Villegas-Giraldo G, Agudelo-Suárez AA, Ramírez-Ossa DM. A Scoping Review about the Characteristics and Success-Failure Rates of Temporary Anchorage Devices in Orthodontics. Vol. 10, *Dentistry Journal*. MDPI; 2022.



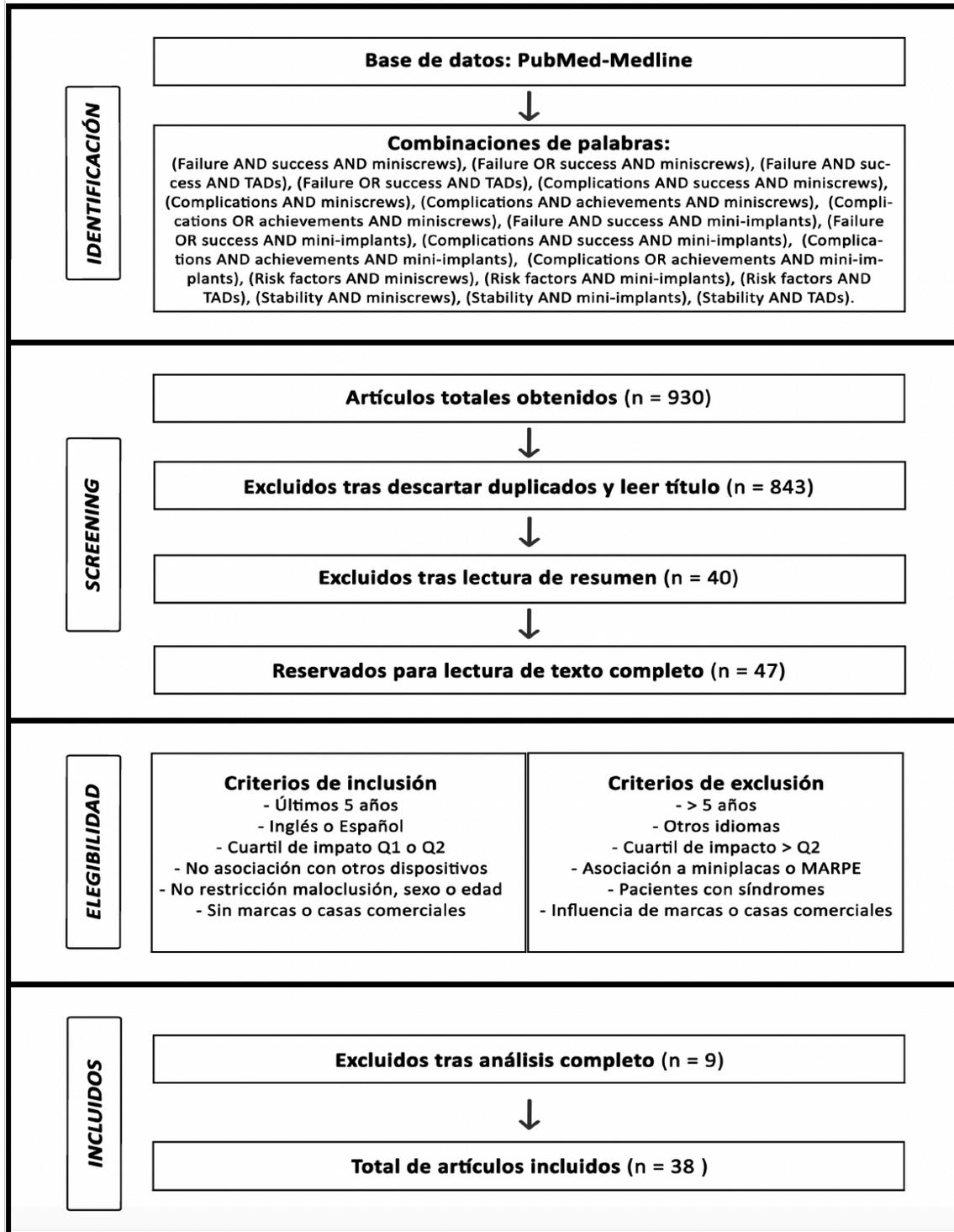
14. Haddad R, Saadeh M. Distance to alveolar crestal bone: a critical factor in the success of orthodontic mini-implants. *Prog Orthod*. 2019 Dec 1;20(1).
15. Lee DW, Park JH, Bay RC, Choi SK, Chae JM. Cortical bone thickness and bone density effects on miniscrew success rates: A systematic review and meta-analysis. Vol. 24, *Orthodontics and Craniofacial Research*. Blackwell Publishing Ltd; 2021. p. 92–102.
16. Xin Y, Wu Y, Chen C, Wang C, Zhao L. Miniscrews for orthodontic anchorage: analysis of risk factors correlated with the progressive susceptibility to failure. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2022 Oct 1;162(4):e192–202.
17. Watanabe K, Mitchell B, Sakamaki T, Hirai Y, Kim DG, Deguchi T, et al. Mechanical stability of orthodontic miniscrew depends on a thread shape. *J Dent Sci*. 2022 Jul 1;17(3):1244–52.
18. van den Braak MCT, Hoekstra JWM, Bronkhorst EM, Schols JGJH, Ongkosuwito EM, Meijer GJ, et al. The effect of surface roughening on the success of orthodontic mini-implants: A systematic review and meta-analysis. Vol. 165, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. Elsevier Inc.; 2024. p. 262-271.e3.
19. Azeem M, Haq AU, Awaisi ZH, Saleem MM, Tahir MW, Liaquat A. Failure rates of miniscrews inserted in the maxillary tuberosity. *Dental Press J Orthod*. 2019 Sep 1;24(5):46–51.
20. Tarigan SHP, Sufarnap E, Bahirrah S. The Orthodontic Mini-Implants Failures Based on Patient Outcomes: Systematic Review. *European Journal of Dentistry*. Georg Thieme Verlag; 2023.
21. Sana S, Reddy R, Talapaneni AK, Hussain A, Bangi SL, Fatima A. Evaluation of stability of three different mini-implants, based on thread shape factor and numerical analysis of stress around mini-implants with different insertion angle, with relation to en-masse retraction force. *Dental Press J Orthod*. 2020 Nov 1;25(6):59–68.
22. Mohan S, Srinivasan D, Arumugam E, Devasahayam D, Kannan R. Effect of placement angle, diameter, length and bone density on the pull-out strength of orthodontic mini-implants: An in vitro study. *J Orthod*. 2022 Jun 1;49(2):143–50.
23. Methawit P, Uezono M, Ogasawara T, Techalertpaisarn P, Moriyama K. Cortical bone microdamage affects primary stability of orthodontic miniscrew. *J World Fed Orthod*. 2023 Oct 1;12(5):229–36.
24. Yu WP, Tsai MT, Yu JH, Huang HL, Hsu JT. Bone quality affects stability of orthodontic miniscrews. *Sci Rep*. 2022 Dec 1;12(1).
25. Möhlhenrich SC, Heussen N, Modabber A, Bock A, Hölzle F, Wilmes B, et al. Influence of bone density, screw size and surgical procedure on orthodontic mini-implant placement – part B: implant stability. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2021 Apr 1;50(4):565–72.
26. Chhatwani S, Kouji-Diehl O, Kniha K, Modabber A, Hölzle F, Szalma J, et al. Significance of bone morphology and quality on the primary stability of orthodontic mini-implants: in vitro comparison between human bone substitute and artificial bone. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2023 Nov 1;84(6):362–72.



27. Möhlhenrich SC, Heussen N, Winterhalder P, Prescher A, Hölzle F, Modabber A, et al. Predicting primary stability of orthodontic mini-implants, according to position, screw-size, and bone quality, in the maxilla of aged patients: a cadaveric study. *Eur J Oral Sci.* 2019 Oct 1;127(5):462–71.
28. Ye Y, Yi W, Fan S, Zhao L, Yu Y, Lu Y, et al. Effect of thread depth and thread pitch on the primary stability of miniscrews receiving a torque load: A finite element analysis. *Journal of Orofacial Orthopedics.* 2023 Mar 1;84(2):79–87.
29. Jedliński M, Janiszewska-Olszowska J, Mazur M, Grocholewicz K, Suárez Suquía P, Suárez Quintanilla D. How Does Orthodontic Mini-Implant Thread Minidesign Influence the Stability?—Systematic Review with Meta-Analysis. Vol. 11, *Journal of Clinical Medicine.* MDPI; 2022.
30. Budsabong C, Trachoo V, Pittayapat P, Chantarawatit P on. The association between thread pitch and cortical bone thickness influences the primary stability of orthodontic miniscrew implants: a study in human cadaver palates. *J World Fed Orthod.* 2022 Apr 1;11(2):68–73.
31. Mecnas P, Espinosa DG, Cardoso PC, Normando D. Stainless steel or titanium mini-implants? A systematic review. Vol. 90, *Angle Orthodontist.* Allen Press Inc.; 2020. p. 587–97.
32. Pan CY, Liu PH, Tseng YC, Chou ST, Wu CY, Chang HP. Effects of cortical bone thickness and trabecular bone density on primary stability of orthodontic mini-implants. *J Dent Sci.* 2019 Dec 1;14(4):383–8.
33. Ikenaka R, Koizumi S, Otsuka T, Yamaguchi T. Effects of root contact length on the failure rate of anchor screw. *J Oral Sci.* 2022;64(3):232–5.
34. Jin J, Kim GT, Kwon JS, Choi SH. Effects of intrabony length and cortical bone density on the primary stability of orthodontic miniscrews. *Materials.* 2020 Dec 1;13(24):1–13.
35. Kim GT, Jin J, Mangal U, Lee KJ, Kim KM, Choi SH, et al. Primary stability of orthodontic titanium miniscrews due to cortical bone density and re-insertion. *Materials.* 2020 Oct 1;13(19):1–12.
36. Teekavanich C, Uezono M, Takakuda K, Ogasawara T, Techalertpaisarn P, Moriyama K. Evaluation of cortical bone microdamage and primary stability of orthodontic miniscrew using a human bone analogue. *Materials.* 2021 Apr 2;14(8).
37. Hirai Y, Watanabe K, Deguchi T, Ueda K, Hamada K, Tanaka E. Influence of insertion depth on stress distribution in orthodontic miniscrew and the surrounding bone by finite element analysis. *Dent Mater J.* 2021;40(5):1270–6.
38. Nenen F, Garnica N, Rojas V, Oyonarte R. Comparison of the primary stability of orthodontic miniscrews after repeated insertion cycles: An in vitro study. *Angle Orthodontist.* 2021 May 1;91(3):336–42.

ANEXOS

9 ANEXOS



Anexo 1. Diagrama de flujo



CATEGORÍA	FACTOR		DESCRIPCIÓN	
Factores relacionados con el minitornillo	Tamaño	Diámetro	<ul style="list-style-type: none"> Algunos defienden que un diámetro mayor favorece a la estabilidad y disminuye el riesgo de fractura Otros defienden que un diámetro mayor aumenta el riesgo de fracaso 	
		Longitud	Minitornillos de mayor longitud obtienen mejor estabilidad (esto tiene más influencia en huesos de densidad ósea baja)	
		Diseño de forma	En general si el tamaño es el mismo, no hay diferencias entre cónicos y cilíndricos en la estabilidad.	
	Forma	Diseño de rosca	Profundidad	Parece no tener relevancia estadística en el fracaso. Algún estudio afirma que a mayor profundidad de rosca menor diámetro interno del minitornillo y esto puede favorecer micromovimientos y conllevar al fracaso, pero no hay evidencia significativa.
			Doble rosca	En el maxilar parece ser una ventaja significativa (mayor contacto con hueso cortical favorece la estabilidad). En mandíbula no recomendable, al ser un hueso de mayor densidad, la doble rosca produce mayor sobrecalentamiento, lo cual perjudica a la estabilidad (pero sin significancia estadística).
		Paso de rosca	<ul style="list-style-type: none"> Algunos defienden que un paso de rosca más estrecho afecta positivamente a la estabilidad Otros que un paso de rosca más estrecho provoca más microdaños óseos y tensión (más acentuado en la mandíbula). 	
Material Superficie		<p>Ambos ofrecen similitudes en cuanto a tasas de éxito.</p> <p>No hay diferencia significativa entre diferentes rugosidades de superficie.</p>		
Factores relacionados con el paciente	Edad		Los adultos tienen mayor densidad ósea y cantidad de hueso cortical que los adolescentes en crecimiento, favorece la estabilidad. Algún estudio tiene hallazgos opuestos pero se debe a otros factores como hábitos (tabaco) en adultos.	
	Sexo		No es un factor influyente en el éxito o fracaso de los minitornillos.	
	Maxilar / mandíbula		El maxilar obtiene claramente mayores tasas de éxito.	
	Condición ósea	Densidad ósea	No existe consenso.	
		Espesor cortical	Espesores <1mm afectan al fracaso de minitornillos.	
Higiene		La mala higiene parece favorecer el fracaso de los minitornillos, pero no está claramente demostrado.		
Factores relacionados con el procedimiento	Método de colocación		<p>No se debe realizar colgajo. No hay consenso respecto a realizar fresado guía o no</p> <p>El sobrecalentamiento durante la inserción está relacionado con el fracaso del minitornillo</p>	
	Localización	Tejidos blandos	En mucosa alveolar aparecen tasas de fracaso más elevadas	
		Tejidos duros	Colocar el minitornillo a una distancia mayor del borde crestal aportará mayor estabilidad y probabilidad de éxito.	
	Inserción	Torque	Mayor torque implica mayor fracaso. Deben aplicarse torques entre 5 y 10 Ncm.	
		Ángulo	No existe consenso, influyen otros factores como localización y densidad ósea	
		Profundidad	La tasa de éxito aumenta según aumenta la profundidad de inserción	
	Contacto radicular		<ul style="list-style-type: none"> Algunos dicen que es un factor pronóstico de fracaso de minitornillos (tasa de fracaso 40% respecto a un 91,9% cuando no hay contacto radicular). Además, aumenta el riesgo de fracaso según aumenta el área de contacto radicular. Otra parte de la literatura defiende que el contacto radicular no tiene efecto significativo en la tasa de fracaso. 	
	Experiencia		La falta de habilidad del operador muestra una asociación significativa con el fracaso de los minitornillos.	
Reinserción / reutilización		<ul style="list-style-type: none"> Algunos estudios aseguran que se puede alcanzar una estabilidad similar al reinsertar, siempre que se sigan protocolos de limpieza y esterilización. Otros aseguran que la reinserción provoca deformaciones en punta y rosca (más en hueso denso). No se recomienda reinsertar minitornillos especialmente en hueso cortical de alta densidad. 		

Anexo 2. Resultados obtenidos de los factores analizados.