

COMPARACIÓN DE LA TASA DE FRACTURA ENTRE LAS ALEACIONES DE ACERO Y TITANIO EN LA INSERCIÓN DE MINI IMPLANTES COMO ANCLAJE ESQUELÉTICO EN INDIVIDUOS SOMETIDOS A TRATAMIENTO DE ORTODONCIA

REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Niño A ¹; Sánchez GA ²; Soto JC ³; Suárez A⁴.

1. Odontóloga. Esp. Salud Ocupacional. Residente del Posgrado de Ortodoncia Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Colombia.
2. Odontólogo, Universidad Autónoma de Manizales. Ortodoncista Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Director Departamento Sistema Craneofacial- Facultad de Odontología. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
3. Odontólogo, Ortodoncista Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Director de clínicas Postgrado de Ortodoncia-Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
4. Odontóloga. Esp. Epidemiología U. El Bosque, Mg. Salud pública. U. del Rosario, Docente pregrado-Posgrado Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

RESUMEN

Objetivo: Comparar la tasa de fractura, en la inserción de mini implantes de acero y de titanio, como mecanismo de anclaje esquelético en pacientes con tratamiento de ortodoncia a partir de la medicina basada en la evidencia. **Materiales y Métodos:** Se realizó una revisión sistemática de la literatura mediante la búsqueda de artículos científicos en las bases de datos de PubMed, Cochrane, Scopus, Lilacs, EBSCO host, Web of Science y búsqueda manual. Se emplearon descriptores de búsqueda en lenguaje controlado y no controlado teniendo en cuenta los componentes de la pregunta PICO. Se excluyeron las publicaciones duplicadas, posteriormente se revisaron los títulos, resúmenes y textos completos. **Resultados:** Como parte de la literatura recuperada: 475 publicaciones incluidas en la búsqueda inicial, no se identificaron estudios en humanos que cumplieran con los criterios de elegibilidad proyectados para dar respuesta a la pregunta PICO frente a la comparación de la tasa de fractura de los mini implantes en el momento de la inserción; sin embargo, se realizó el proceso de sistematización completo, identificando los elementos de las unidades de análisis proyectadas en la investigación. **Conclusión** No fue posible identificar suficiente evidencia científica que demostrará la comparación y el comportamiento de la fractura de los miniimplantes de acero y de titanio en el momento de la inserción a partir de la literatura recuperada en el presente estudio.

Palabras clave: Ortodoncia; Maloclusión; Mini implantes; Titanio; Acero inoxidable; Inserción, Tasa de fractura.

ABSTRACT

Objective: To compare the fracture rate in the insertion of steel and titanium mini-implants as a skeletal anchorage mechanism in patients undergoing orthodontic treatment based on evidence-based medicine. **Materials and Methods:** A systematic review of the literature was carried out by searching scientific articles in the databases of PubMed, Cochrane, Scopus, Lilacs, EBSCO host, Web of Science, and manual search. Controlled and uncontrolled language search descriptors were used taking into account the components of the PICO question. Duplicate publications were excluded, then titles, abstracts, and full texts were reviewed. **Results:** As part of the literature retrieved: 475 publications included in the initial search, no human studies were identified that met the projected eligibility criteria to answer the PICO question vs. comparison of fracture rate of mini-implants at the time of insertion; However, the complete systematization process was performed, identifying the elements of the units of analysis projected in the research **Conclusion:** It was not possible to identify sufficient scientific evidence that would demonstrate the

comparison and fracture behavior of steel and titanium mini-implants at the time of insertion from the literature retrieved in this study.

Keywords: Orthodontics; Malocclusion; Mini implants; Titanium; Stainless Steel; Insertion; Failure rate.

INTRODUCCIÓN

El control del anclaje se considera uno de los principales factores para determinar el éxito del tratamiento de ortodoncia. El anclaje en ortodoncia se define como “La resistencia a las fuerzas de reacción proporcionada por los dientes u otras estructuras que pueden estar dentro y fuera de la boca”.(1) De acuerdo con su capacidad de resistencia, el anclaje en ortodoncia, puede clasificarse en mínimo, recíproco, máximo y absoluto o también conocido como esquelético. Este último representa el nuevo paradigma de la ortodoncia y es quizás, el adelanto más importante de los últimos tiempos, dado que asegurar un anclaje adecuado a menudo es un desafío, especialmente, porque gran parte de los métodos desarrollados para reforzarlo dependen del cumplimiento del paciente; por tal razón, se ha recurrido a la ortodoncia asistida por mini implantes. (1)

A finales de la década los 90', Kanomi (1997) (2) describió por primera vez un mini tornillo, diseñado específicamente para uso en ortodoncia. Por su parte, Costa et al. (1998) (2) describieron un tornillo, con una cabeza especial, similar a un soporte, que podría emplearse para anclaje directo o indirecto. Desde entonces, se han introducido en el mercado diferentes tipos de dispositivos;(2) en la actualidad se emplean rutinariamente como dispositivos de anclaje en el tratamiento de ortodoncia. (1-3) Así mismo, como parte de los avances, de este tipo de dispositivos, se han realizado esfuerzos en el desarrollo de mecanismos de anclaje orientados a través del empleo de fuerzas, entre los cuales el uso de los mini implantes busca minimizar el movimiento no deseado de los dientes. En este sentido los mini implantes constituyen el método de elección para controlar el anclaje por su facilidad de inserción, remoción, comodidad para el paciente y favorable relación costo beneficio.(4)(5)(7).

Las indicaciones clínicas para el uso de los mini implantes, se relacionan con retracción del sector anterior, distalización molar, intrusión de dientes anteriores, intrusión molar, protracción molar, cierre de espacios, erupción forzada, y corrección de mordida cruzada posterior.(7-8)

Luzi C. et al. (2009) (9) investigaron el fracaso de los mini implantes y sus causas, identificando factores relacionados con el operador, (*incorrecto procedimiento quirúrgico*

por la inserción o extracción incorrecta del mini implante), relacionados con el paciente (características del hueso, tejidos blandos, inflamación e higiene deficiente), y relacionados al mini implante, entre otros factores la fractura. (9)

Resulta relevante mencionar que el análisis de algunos componentes relacionados con el comportamiento mecánico de los mini implantes, en el contexto del ambiente clínico, resulta complejo, ya que inciden los factores biológicos y de comportamiento, propios de los sujetos de estudio. Como parte de las complicaciones, la fractura del dispositivo generalmente ocurre entre la cabeza y el collar del mini implante (10). Otros elementos involucrados en la fractura de los mini implantes son de orden técnico y se relacionan con el ángulo de inserción, el cual influye en la dirección de la fuerza; así mismo, la técnica empleada por el especialista en el momento de la inserción resulta fundamental, ya que puede ocurrir la presencia de flexión o fractura del dispositivo debido a un alto esfuerzo de torsión o fatiga cíclica. (8,9) Igualmente, se deben tener en cuenta, las características estructurales del mini implante relacionadas con la longitud, el diámetro, y el material de fabricación, independientemente que sea acero inoxidable o titanio. El riesgo de fractura puede estar presente en el momento de la inserción y extracción, lo que implica mayor atención por parte del especialista durante el acto clínico, lo cual puede representar un obstáculo para la eficacia del tratamiento.(13)

Al respecto Park. et al (2006) (14) y Tseng., et al (2006) (15) mencionan la necesidad de realizar estudios multicéntricos, con suficiente tamaño de muestra, que permitan identificar los procesos involucrados en el anclaje esquelético, con el fin de identificar y reducir las tasas de falla. En este sentido Fritz. et al (2004) (4) resaltan la pertinencia de “Desarrollar estudios, con metodología estandarizada, que permitan generar resultados confiables sobre la influencia de los parámetros técnicos y clínicos en el éxito o fracaso de los mini implantes.”

De esta manera, se observa que existen factores que pueden influir en la fractura de los mini implantes, no obstante, dado que el tema no ha sido ampliamente investigado, el objetivo de la presente investigación es comparar la tasa de fractura, en la inserción de mini implantes de acero y de titanio, como mecanismo de anclaje esquelético en pacientes con tratamiento de ortodoncia a partir de la evidencia científica.

A pesar de los reportes de la baja frecuencia de fractura de los mini implantes en ortodoncia, existen diferencias en los resultados de autores como Park et al., (2006) (14), quienes mencionan en que *“algunos implantes de tornillo mostraron fracturas durante la colocación y extracción. Se fracturaron un total de 8 tornillos (de 227 empleados en el estudio), 3 durante la colocación y 5 durante la extracción”*. Por otra parte, Tseng et al.(2006)(15) en su estudio con 25 pacientes, a quienes se les colocaron 45 mini implantes de aleación de titanio, reportan la falla de 4 mini implantes, mencionando que *“las complicaciones incluyeron fractura del mini implante en la inserción, daño iatrogénico de los dientes que causaron la pérdida y secuestro óseo alrededor del área de colocación del mini implante”* el estudio no evidencia cuáles de las fallas fueron por fractura; por lo tanto aunque la fractura es mencionada, en los resultados, como una complicación, no permite llegar a conclusiones definitivas. Por su parte, Büchter et al. (2005) (16) informaron, en un estudio en animales, que 8 de 200 mini implantes se fracturaron en el momento de la inserción y dos en el momento de la extracción, sugiriendo una tasa elevada, probablemente ocasionada por la alta densidad del hueso de cerdo.

Por otra parte, se ha identificado que el tamaño de los mini implantes puede estar relacionado con el riesgo de fractura, durante la inserción o extracción, de manera particular en la región de la punta, debido a su menor diámetro. La disminución del diámetro reduce la resistencia estructural del mini implante, haciéndolo más susceptible a la fractura y deflexión. (17,18) Otro riesgo de fractura puede ocurrir cuando se colocan en el área de la línea oblicua externa de la mandíbula, debido al grosor y dureza del hueso cortical en esta área. (16)(20)

A pesar de los avances en investigación sobre los dispositivos como anclaje esquelético, y la poca evidencia de las diferencias con respecto al material de fabricación en cuanto al riesgo de fractura, se requiere identificar, en la literatura, estudios que comparen en pacientes con maloclusión, la tasa de fractura de los mini implantes en el momento de la inserción según el tipo de material de fabricación. Según Fritz (2004) (4) *“Serían deseables estudios (multicéntricos) con metodología estandarizada. Un tamaño de muestra mayor permitiría realizar afirmaciones fiables sobre la influencia de los parámetros técnicos y clínicos en el éxito o fracaso de los mini implantes.”*

De otra forma autores como Kevin O'Brien et al. (2010) (21) mencionan "La ausencia de evidencia no es evidencia de ausencia" y los estudios futuros sobre el tema siempre son bienvenidos.

Si bien, la fractura de los mini implantes no es el tipo de falla más frecuente, cuando se presenta, es una de las más indeseadas "*La fractura de tornillo podría ser uno de los efectos secundarios más indeseables en el uso clínico del anclaje de minitornillo, que ocurre no solo en la colocación sino también en la extracción*" (22), La evaluación de la tasa de fractura de estos dispositivos es un aspecto decisivo para orientar la elección del material del dispositivo más adecuado y seguro.(12,13) Cabe mencionar, que elementos relacionados como la manipulación del mini implante por el operador en el momento de la inserción o extracción, el tipo de fuerza generada y aplicada, son elementos determinantes que se deben tener en cuenta en el momento de la inserción o extracción del dispositivo, sin que el tipo de aleación sea el determinante para su elección. Sin embargo, aún no se ha investigado una correlación entre la aleación de los mini implantes y sus tasas de falla en la inserción; por este motivo es de interés la evaluación de los mini implantes de acero comparados con los de titanio, en el campo de la ortodoncia, como mecanismo de anclaje esquelético en pacientes con maloclusión.

Resulta pertinente revisar la evidencia científica disponible frente al comportamiento de la frecuencia de fractura de los mini implantes en relación con su material de fabricación y los factores adicionales, anteriormente descritos.

De este modo surge la necesidad de revisar la literatura donde se incluyan pacientes mayores de 16 años, que reciben tratamiento de ortodoncia con anclaje esquelético, con el objetivo de responder la siguiente pregunta de investigación *¿Existen diferencias en la tasa de fractura al momento de la inserción de mini implantes usados en pacientes con tratamiento de ortodoncia de acuerdo con su material de fabricación?*

MÉTODO

La presente investigación se desarrolló a través de una revisión sistemática de la literatura, con el propósito de responder la siguiente pregunta de investigación, bajo la estructura "PICO": *En pacientes mayores de 16 años que reciben tratamiento de ortodoncia ¿existen diferencias en la tasa de fractura, entre los mini implantes de titanio y los mini implantes de acero en el momento de la inserción?*

Se realizó búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Cochrane, Scopus, Lilacs, EBSCO host, Web of Science empleando descriptores de lenguaje controlado y no controlado relacionados con: *Orthodontics, malocclusion, cross bite, dental movement, tooth Crowding, Angle's Classification, mini implants, miniscrew, microscrew, microimplant, Skeletal anchorage, Temporary anchorage, TADs, TAD, titanium, stainless steel, Steel, fracture, insertion, Flexural Strength, fracture toughness, failure rate, Mechanical, resistance to fracture, anchorage, insertion torque*. (Tabla 1). Se emplearon operadores lógicos relacionados con AND, OR y NOT, en la construcción de las fórmulas de búsqueda, así como los mecanismos propios de las bases de datos incluidas. El periodo de publicación de los estudios se delimitó entre el 1° de enero de 2000 al 9 de agosto de 2021.

Se incluyeron publicaciones sin discriminación de idioma, proyectando la participación de población humana, mayor de 16 años, bajo tratamiento de ortodoncia, donde se emplearán miniimplantes, como mecanismo de anclaje y se reportara fractura en el momento de la inserción. Así mismo, se proyectó la inclusión de publicaciones cuyo diseño se relacionará con estudios de intervención y estudios analíticos (cuya exposición se relacionará con la fractura de mini implantes de acero o titanio, en el momento de la inserción). Frente a los criterios de exclusión, no se contemplaron pacientes con historia de trauma, con antecedentes de cirugía ortognática y pacientes sistémicamente comprometidos.

A partir de la recuperación de las publicaciones relacionadas con la búsqueda inicial, se identificaron y excluyeron las publicaciones duplicadas, empleando la plataforma Rayyan QCRI. Se realizó la lectura de títulos, resúmenes y textos completos, teniendo en cuenta los criterios establecidos en el protocolo de investigación. Se proyectó como proceso siguiente, incluido en el flujograma del estándar seleccionado, realizar la evaluación de la calidad metodológica de las investigaciones incluidas, a partir de listas de chequeo diseñadas para tal fin, así como la determinación de los niveles de evidencia y los grados de recomendación de las publicaciones. Sin embargo, no fue posible identificar estudios, bajo los criterios establecidos; por lo cual se revisaron nuevamente las publicaciones recuperadas hasta el filtro descrito, intentado identificar los elementos de las categorías de análisis, en una matriz bibliográfica: artículos "*in vitro*", que permitirán una aproximación al tema y a las categorías de análisis propuestas.

Las categorías de análisis propuestas en esta investigación se relacionaron con: *La tasa de fractura del mini implante en el momento de la inserción; Resistencia de la fractura de mini implantes en el momento de la inserción y frecuencia de fractura dependiendo del lugar anatómico de inserción*. Asimismo, se tomaron en cuenta variables relacionadas con el material de fabricación del mini implante y las características estructurales o factores asociados a la fractura de mini implantes.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda inicial

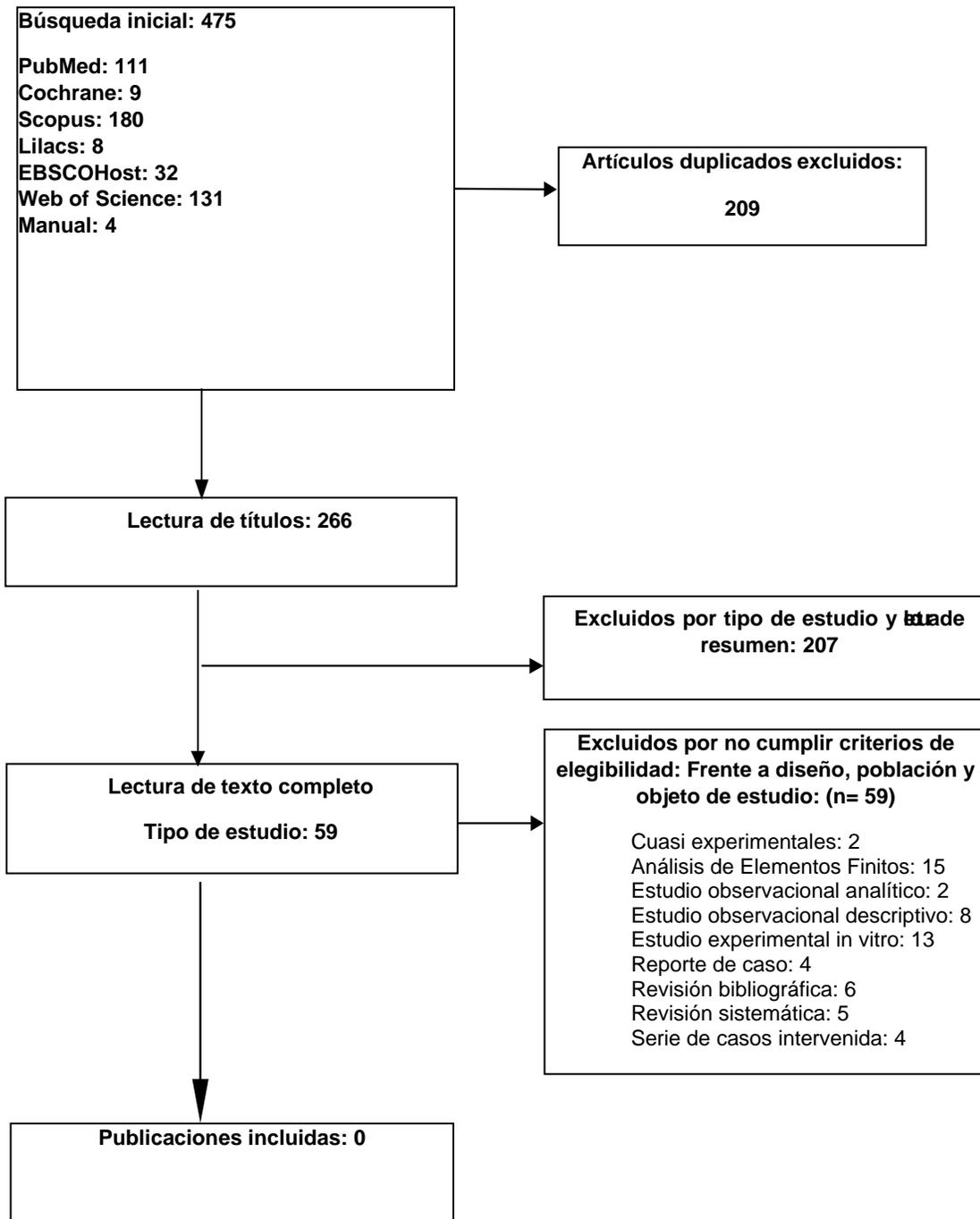
BASE DE DATOS	FÓRMULA
PudMed	'((orthodontics[Mesh]) OR (Malocclusion[Mesh]) OR ("Cross bite"[Title/Abstract]) OR (Crossbite[Title/Abstract]) OR (Dental movement[MeSH Terms]) OR ("Tooth Crowding"[Title/Abstract]) OR ("Angle's Classification" [Title/Abstract]) OR (underbite*[Title/Abstract])) AND ((Miniimplant*) OR ("Mini implant") OR ("Mini implants") OR (miniscrew*) OR ("mini screw") OR ("mini screws") OR (microscrew*) OR (Microimplant*) OR ("micro implant") OR ("micro implants") OR ("Skeletal anchorage") OR ("Temporary anchorage") OR ("TADs") OR (TAD)) AND ("Titanium"[Mesh] OR "Stainless Steel"[Mesh] OR "steel"[Mesh]) AND ("Fracture" OR "insertion" OR "Flexural Strength"[Mesh] OR fracture toughness[Text Word] OR "Failure rate" OR "Mechanical Stress")
Scopus	'(TITLE-ABS-KEY (orthodontic*) OR TITLE-ABS-KEY (malocclusion) OR TITLE-ABS-KEY ("Cross bite") OR TITLE-ABS-KEY (Crossbite*) OR TITLE-ABS-KEY (underbite*) OR TITLE-ABS-KEY ("Tooth Movement") OR TITLE-ABS-KEY ("Dental movement") OR TITLE-ABS-KEY ("Tooth Crowding") OR TITLE-ABS-KEY ("Angle's Classification")) AND (TITLE-ABS-KEY ("mini-implants") OR TITLE-ABS-KEY (miniimplant*) OR TITLE-ABS-KEY ("mini-screw") OR TITLE-ABS-KEY (miniscrew*) OR TITLE-ABS-KEY ("micro-screws") OR TITLE-ABS-KEY (microscrew*) OR TITLE-ABS-KEY ("micro-implants") OR TITLE-ABS-KEY (microimplant*) OR TITLE-ABS-KEY ("skeletal anchorage") OR TITLE-ABS-KEY ("Temporary anchorage") OR TITLE-ABS-KEY ("TADs")) AND (TITLE-ABS-KEY (titanium) OR TITLE-ABS-KEY ("stainless steel") OR TITLE-ABS-KEY (steel) OR TITLE-ABS-KEY ("Ti Alloy")) AND (TITLE-ABS-KEY (fracture) OR TITLE-ABS-KEY (insertion) OR TITLE-ABS-KEY ("Flexural Strength") OR TITLE-ABS-KEY ("fracture toughness") OR TITLE-ABS-KEY ("Failure rate") OR TITLE-ABS-KEY ("Mechanical Stress"))
Web of Sciencie	'(TS=(Malocclusion) OR TS=(Orthodontic*) OR TS=("Cross bite") OR TS=(Crossbite) OR TS=("Tooth Movement") OR TS=("Dental movement") OR TS=("Tooth Crowding") OR TS=("Angle's Classification")) AND (TS=("mini implants") OR TS=(miniimplants) OR TS=("mini screw") OR TS=(miniscrew) OR TS=(microscrews) OR TS=("micro implants") OR TS=(microimplants) OR TS=("skeletal anchorage") OR TS=("Temporary anchorage") OR TS=("TADs") OR TS=(TAD)) AND (TS=(titanium) OR TS=("stainless steel") OR TS=(steel) OR TS=("Ti Alloy")) AND (TS=(insertion) OR TS=("Failure rate") OR TS=("fracture") OR TS=("Flexural Strength") OR

	TS=("Mechanical Stress"))
Lilacs	((orthodontic*) OR (malocclusion) OR ("Tooth movement") OR ("Tooth Crowding") OR ("Dental movement") OR (Crossbite*) OR (Cross bites) OR (Cross bite) OR ("Angle's Classification")) AND (("mini implants") OR (miniimplant*) OR ("mini implant") OR ("mini screw") OR (miniscrew*) OR (microscrew*) OR ("micro screws") OR ("micro screw") OR ("micro implants") OR ("micro implant") OR (microimplant*) OR ("skeletal anchorage") OR ("Temporary anchorage") OR ("TADs") OR (TAD)) AND ((titanium) OR ("stainless steel") OR (steel)) AND ((insertion) OR ("Mechanical Stress") OR (Breakage*) OR ("time of insertion") OR ("Flexural Strength") OR ("Failure rate")) AND (db:(LILACS))
EBSCO host	(SU orthodontics OR SU malocclusion OR AB Tooth movement OR AB Crossbite OR AB "Cross bite" OR AB "Dental movement" OR AB "Tooth Crowding" OR AB "Angle's Classification" OR AB Underbite OR AB "under bite") AND (AB "mini implants" OR AB mini-implant* OR AB miniimplant* OR AB "mini screw" OR AB mini-screw OR AB miniscrew OR AB "micro screws" OR AB "micro screw" OR AB microscrew* OR AB "micro implants" OR AB micro-implants OR AB microimplant* OR AB "skeletal anchorage" OR AB "Temporary anchorage" OR AB "TADs") AND (AB titanium OR AB stainless steel OR AB steel) AND (AB insertion OR AB "fracture" OR AB "Flexural Strength" OR AB "fracture toughness" OR AB "Fracture resistance" OR AB "Failure rate")
Cochrane	((orthodontic*).ti,ab,kw OR (malocclusion*).ti,ab,kw OR (Crossbite*).ti,ab,kw OR ("Tooth Movement").ti,ab,kw OR (underbite*).ti,ab,kw) AND (("mini implants").ti,ab,kw OR ("mini implant").ti,ab,kw OR (miniimplant*).ti,ab,kw OR ("mini screw").ti,ab,kw OR ("mini screws").ti,ab,kw OR (miniscrew*).ti,ab,kw OR ("micro implant").ti,ab,kw OR (microimplant*).ti,ab,kw) AND ((titanium).ti,ab,kw OR (stainless steel).ti,ab,kw OR (steel).ti,ab,kw) AND ((Flexural Strength).ti,ab,kw OR (insertion).ti,ab,kw OR (Failure rate).ti,ab,kw)

RESULTADOS

Por medio de la búsqueda inicial de la literatura recuperada en el periodo comprendido de 1° de enero de 2000 al 9 de agosto de 2021, se recuperaron 475 artículos los cuales fueron sometidos a los procesos descritos en el flujograma de sistematización. Teniendo en cuenta las razones de exclusión, el filtro final no generó artículos que respondieran la pregunta de investigación. (Figura 1)

Figura 1 Flujograma de sistematización



Los diseños de estudio de las publicaciones recuperadas en esta investigación no permitieron identificar información relacionada con la tasa de fractura y el comportamiento de los miniimplantes, en el momento de la inserción, en la población proyectada en los criterios de inclusión.

Teniendo en cuenta este aspecto no fue posible evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos (según las listas de chequeo y herramientas sugeridas), y tampoco fue posible determinar aspectos relacionados con el nivel de evidencia y los grados de recomendación, teniendo en cuenta que los estudios que analizaban población humana no cumplían las especificaciones incluidas en los criterios de elegibilidad. De este modo se conservaron las publicaciones que estudiaban las unidades de análisis propuestas, con el fin de aproximar las respuestas de cada categoría.

Matriz de síntesis de resultados

Autor/Año	Diseño de estudio	Población participante (unidad de observación)	Material y/o mecanismo de aplicación de las pruebas	Resultados	Conclusiones	Nivel de evidencia y grado de recomendación
<p>Scribante A; Montaser M; Radwan E; Bernardinelli I; Alcozer R Gandini P; Sfondrini M.</p> <p>2018</p>	<p>Experimental <i>Invitro</i></p>	<p>70 Mini implantes.</p> <p>50 miniimplantes Aleación de Titanio Ti-6Al-4V (Grado 5)</p> <p>20 miniimplantes Aleación de Acero inoxidable</p>	<p>Máquina de ensayo universal Instron®</p>	<p>* Para las deflexiones de 0,1 mm y 0,2 mm. no se detectaron diferencias significativas entre los mini implantes de 1,5 mm de diámetro.</p> <p>*Evidenciaron Fuerzas significativamente mayores ($p < 0,05$) para los mini implantes de 2,0 mm de diámetro.</p> <p>* Se informaron resultados similares con carga máxima antes de la fractura del mini implante, no mostraron diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$).</p> <p>*No se informaron diferencias significativas entre los mini implantes de titanio y acero inoxidable con el mismo diámetro.</p> <p>*El diámetro del mini implante afecta los valores de fuerza a 0,1</p>	<p>1. Los mini tornillos de 2,0 mm de diámetro mostraron una resistencia a la fractura y a la flexión significativamente mayor que los mini implantes de 1,5 mm de diámetro.</p> <p>2. No se informaron diferencias significativas entre los mini implantes de titanio y acero inoxidable con el mismo diámetro.</p> <p>3. Para reducir el riesgo de fractura no deseada debido a fuerzas tangenciales, un diámetro mayor es más seguro independientemente del material del mini implante.</p>	<p>NA</p>

				<p>mm ($p < 0,0001$) y 0,2 mm ($p < 0,0001$) deflexiones y a carga máxima ($p < 0,001$).</p> <p>*Los valores medios de fractura que se informaron oscilaron entre 405 N (1,5 mm de diámetro-titanio) y 747 N (2 mm de diámetro-acero inoxidable).</p> <p>*Los valores medios de flexión oscilaron entre 31N y 58N, con una deflexión de 0,1mm mientras que, con una deflexión de 0,2mm las fuerzas oscilaron entre 43 y 116 N.</p>		
<p>Pithon M; Melo L; Nojima M; Gonçalves R, Oliveira A.</p> <p>2018</p>	<p>Experimental <i>Invitro</i></p>	<p>75 mini implantes Divididos en 5 grupos. (n=15). Ti-6AL-4V. Autoperforante, Auto roscante.</p> <p>Grupo 1: M (Mondeal, Tuttlingen, Germany)</p> <p>Grupo 2: N (Neodent, Curitiba, Brasil)</p> <p>Grupo 3: I (INP, São Paulo, Brasil)</p> <p>Grupo 4: S (SIN, São Paulo, Brasil)</p> <p>Grupo 5: T (Titanium Fix, São José dos Campos, Brasil).</p>	<p>Hueso cortical de porcino de 8mm de espesor.</p>	<p>* Todos los mini implantes evaluados se deformaron, los del Grupo (4)S requirieron en promedio, fuerzas más grandes para su deformación. A comparación de los mini implantes de los grupos (1)M, (2)N y (5)T que alcanzaron los valores más bajos para su deformación.</p> <p>* Después de que los miniimplantes se deformaron 2 mm, se mantuvo la velocidad hasta que se fracturaron y se registró el valor máximo de estas fracturas.</p> <p>*Los grupos (3)I y (5)T se deformaron menos, y las fracturas se produjeron antes de la deformación de 2 mm</p> <p>*Los grupos (1)M, y (2)N, necesitaban más deformación para que se presentara la fractura. Seguido del grupo (4)S respectivamente. A su vez, los grupos (3)I y (5)T se fracturaron incluso antes de deformar los 2 mm. propuesto en el trabajo,</p> <p>*Los mini implantes del grupo (4)S requirieron mayor fuerza para su deformación y fractura, estos resultados fueron estadísticamente significativos en relación a los demás ($p < 0.05$). Para las fracturas, el grupo (5)T tuvo los valores más bajos, con diferencia estadística con los grupos (1)M, y (4)S.</p>	<p>1. Todos los miniimplantes probados demostraron ser adecuados para su uso como recurso de anclaje de ortodoncia.</p> <p>2. La forma del mini implante es directamente relacionada con la resistencia obtenida por este dispositivo, al aplicar fuerzas perpendiculares a su eje mayor.</p>	<p>NA</p>
<p>Quraishi E; Sherriff M; Bister D.</p> <p>2014</p>	<p>Estudio Experimental <i>Invitro</i></p>	<p>40 miniimplantes de cinco fabricantes</p> <p>Total 200 Mini implantes de Titanio grado V</p>	<p>Bloques de acrílico.</p>	<p>*Los valores de torque de inserción máximos para ambas cargas fueron más altos para el fabricante de Vector TAS seguido del fabricante Ortho Easy.</p> <p>*Los valores de torque de inserción para el fabricante Dual</p>	<p>1. Los miniimplantes de diseños cilíndricos y mixtos se fracturaron a valores de torque significativamente más altos en comparación con los diseños cónicos para cargas de 1 y 3 kg.</p> <p>2. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los</p>	<p>NA</p>

		<p>autoperforantes.</p> <p>20 de cada diseño con 1 kg de carga.</p> <p>20 miniimplantes con menos de 3 kg de carga.</p>		<p>Top fueron casi tres veces más altos que para los fabricantes Infinitas y Spider ScrewsTM.</p> <p>*Se mostraron diferencias estadísticamente significativas para ambas cargas para los fabricantes de Vector TAS, Ortho Easy y Spider Screw.</p> <p>*A diferencia de otros diseños probados, ambos diseños de miniimplantes cónicos (Spider Screw e Infinitas) mostraron una tendencia a doblarse en el medio del cuerpo pero fracturarse en la punta.</p>	<p>valores de torque de inserción máximos para cargas de inserción de 1 y 3 kg para algunos de los diseños de miniimplantes probados en esta investigación.</p> <p>3. Una presión más alta dio como resultado valores de torque máximo más altos en el momento de la fractura, aunque es poco probable que la diferencia tenga relevancia clínica.</p> <p>4. Triplicar la presión durante la inserción de 1 a 3 kg aumentó el riesgo de doblar los miniimplantes cónicos antes de la fractura.</p>	
<p>Carano A; Pietro L; Velo S; Incorvati C.</p> <p>2005</p>	<p>Estudio Experimental <i>In vitro</i></p>	<p>3 Mini implantes</p> <p>2 minitornillos de titanio comercialmente puro (Dentos, titanio grado IV; MAS, titanio grado V)</p> <p>1 minitornillo de acero inoxidable (Leone, acero inoxidable quirúrgico).</p>	<p>Resina Termoplástica</p> <p>Máquina de prueba universal Galdabini SUN 5</p>	<p>*Las fuerzas de flexión dan como resultado una desviación de la cabeza del tornillo.</p> <p>*Los tornillos de acero inoxidable alcanzan la carga de fractura a valores dos veces más altos que los del titanio.</p> <p>*Para fracturar los tornillos es necesario una cantidad superior a 120 N (alrededor de 12 kg).</p> <p>*Los mini tornillos de acero y titanio mostraron valores suficientes para resistir a fallas durante la inserción, y remoción o extracción en ortodoncia.</p> <p>*Parece que el factor predominante que influye en la torsión es la relación entre el diámetro de la broca para preparar el agujero de inserción, y el diámetro del minitornillo.</p> <p>*Estas pruebas no tienen una implicación clínica directa, porque es casi imposible aplicar una fuerza de extracción suficiente al minitornillo sobre el paciente.</p>	<p>1. Los tres mini implantes de (1) acero inoxidable y (2) titanio comercialmente puro tienen propiedades mecánicas que contribuyen a su uso seguro como anclaje esquelético en ortodoncia.</p> <p>2. Aunque el acero inoxidable ha demostrado ser más resistente a la falla que el titanio, su desempeño general como material para mini tornillos podría ser inferior al titanio.</p> <p>3. Para facilitar la inserción, se debe preferir el perfil asimétrico de la rosca al corte simétrico.</p> <p>4. La relación entre el diámetro de la auto perforación y el diámetro del minitornillo correspondiente es fundamental para la inserción exitosa y la resistencia de los minitornillos. Una diferencia de 0,3 mm entre auto perforación y tornillo parece ideal.</p> <p>5. Una forma cilíndrica del tornillo es mejor que una cónica. Según las propiedades mecánicas evaluadas en este estudio.</p> <p>6. Se podría preferir la forma cónica en caso de que el sitio de inserción sea diferente al Radicular y por lo tanto limitado a 2,5-3,5 mm.</p>	<p>NA</p>
<p>Tseng Yu; Ting Ch; Du Je; Chen-M; Chen ch; Wu Ju; Chen H.</p> <p>2016</p>	<p>Experimental <i>In vitro</i></p>	<p>30 Mini implantes.</p> <p>Tipo A (aleación de titanio, 1,5 mm 8 mm)</p> <p>Tipo B (acero inoxidable, 1,5 mm 8 mm)</p> <p>Tipo C (aleación de</p>	<p>Hueso sintético.</p> <p>Con una placa cortical de 2 mm de espesor a partir de espuma rígida de poliuretano.</p>	<p>* El grupo tipo A demostró el mayor ángulo de orientación apical (35°) y el ángulo de orientación coronal (17°), en comparación con B y C.</p> <p>* En la prueba vertical los TI (torque de inserción) del Tipo C (7,8 Ncm) y Tipo B (7,5 Ncm) fueron significativamente más altos ($p < 0,0001$) que el del Tipo A (4,4 Ncm).</p> <p>*La RF (frecuencia de resonancia) de Tipo C (11,5 kHz) y Tipo A (10,2 kHz) fueron</p>	<p>1. El tipo A exhibió la relación de diámetro interno / externo más baja y el ángulo de orientación apical más amplio, lo que llevó a los valores de IT (Torque de inserción) más bajos y de RF (Frecuencia de resonancia) más altos, en comparación con los otros dos microimplantes utilizados en este estudio.</p> <p>2. Las dimensiones detalladas de los microimplantes, incluido el diámetro interno, la relación de diámetro interno / externo, el paso de la rosca, la</p>	<p>NA</p>

		<p>titanio, 1,5 mm 9 mm)</p> <p>IT: Torque de inserción</p> <p>RF: Frecuencia de resonancia</p> <p>RT: Torque de extracción</p>		<p>significativamente más altas ($p < 0,005$) que el del Tipo B (7,5 kHz).</p> <p>*Los RT (torques de extracción) de Tipo C (7,4 Ncm) y Tipo B (7,3 Ncm) fueron significativamente más altos ($p < 0,0001$) que el del Tipo A (4,1 Ncm).</p> <p>*En la prueba horizontal el IT (torque de inserción) de Tipo C (6.4 Ncm) fue significativamente mayor ($p < 0,028$) que el del tipo A (5,0 Ncm).</p> <p>*La RF (frecuencia de resonancia) para el Tipo A, 9,8 kHz; Tipo C, 8,4 kHz; y Tipo B, 7,5 kHz.</p> <p>*No se observaron diferencias significativas en FR en la comparación intergrupar ($p = 0,160$). El TR del tipo C (6,6 Ncm) fue significativamente mayor ($p < 0,036$) que el del Tipo A (4,7 Ncm).</p> <p>*No se presentaron correlaciones significativas entre los valores de IT, RF y RT en las pruebas verticales y horizontales.</p>	<p>profundidad de la rosca y los ángulos de la cara apical y coronal, son factores críticos que afectan su resistencia mecánica.</p>	
--	--	--	--	---	--	--

Unidades de análisis

La descripción de los resultados de la presente investigación se proyectó a la luz de las categorías de análisis propuestas en el protocolo. Sin embargo, no fue posible identificar diseños de estudio, que incluyeran el análisis del objeto de investigación y de las variables sugeridas en la población proyectada.

Frecuencia de la resistencia de fractura entre los mini implantes de acero y titanio en el momento de la inserción como mecanismo de anclaje ortodóntico en pacientes con maloclusión.

Los diseños de estudio de las publicaciones recuperadas en la presente investigación no permitieron identificar información relacionada con la resistencia a la fractura en el momento de la inserción en individuos sometidos a tratamiento de ortodoncia, Asimismo, los estudios recuperados, donde se mencionó el objeto de estudio, no cumplieron con los criterios de elegibilidad, a pesar de la identificación del lenguaje controlado y no controlado descrito en la metodología. Sin embargo, las publicaciones relacionadas con el

objeto de estudio, que se aproximaron a la pregunta de investigación, reflejaron que los mini tornillos de 2,0 mm de diámetro muestran una resistencia a la fractura y a la flexión significativamente mayor que para un mini tornillo de 1,5 mm de diámetro. Cuando se necesita la máxima resistencia a la flexión y a la fractura, para reducir el riesgo de fractura no deseada debido a fuerzas tangenciales, un diámetro mayor es más seguro independientemente del material del Minitornillo ya que no se informan diferencias significativas, en la resistencia a la fractura y flexión, entre los mini tornillos de titanio y acero inoxidable con el mismo diámetro. La forma del mini implante está directamente relacionada con la resistencia al aplicar fuerzas perpendiculares a su eje. (25)

Los mini tornillos de acero inoxidable y de titanio cuentan con propiedades mecánicas que contribuyen a su empleo seguro, como anclaje esquelético en ortodoncia, sin embargo, cabe anotar que al emplear dispositivos autorroscantes, se debe tener en cuenta la resistencia que se presenta en el momento de la inserción y posiblemente será necesaria una mejor preparación del orificio de inserción. La relación entre el diámetro de la auto perforación y el diámetro del mini tornillo correspondiente es fundamental para la implantación exitosa y la resistencia de los mini tornillos, una diferencia de 0,3 mm entre auto perforación y tornillo parece ser la ideal. Al igual, que se podría preferir la forma cónica en caso de que el sitio de inserción sea diferente al radicular y por lo tanto limitado a 2,5-3,5 mm.. Carano A, et al, (2005) reportaron que los mini implantes de diseños cilíndricos y mixtos se fracturaron, a valores de torque significativamente más altos en comparación con los diseños cónicos para cargas de 1 y 3 kg. A pesar de tener en cuenta el diseño de estudio que orientaba la búsqueda no se encontraron resultados relacionados.(20)

Sitio anatómico que presenta mayor frecuencia de fractura de los mini implantes de acero y titanio en el momento de la inserción.

Las publicaciones recuperadas en el presente estudio no reportaron información relacionada con el lugar anatómico donde los miniimplantes presentan mayor frecuencia de fractura en el momento de la inserción.

Características estructurales o factores que influyen en la fractura de mini implantes de acero y titanio empleados como mecanismo de anclaje ortodóntico en pacientes con maloclusión.

Si bien los artículos recuperados en el presente estudio no reportaron información relacionada con la resistencia a la fractura en el momento de la inserción en la población sujeto de análisis, frente a las condiciones estructurales de los mini implantes de acero y de titanio, Yu chuan Tseng, et al. (2016) identificaron que las dimensiones detalladas de los micro implantes, incluido el diámetro interno, la relación de diámetro interno / externo, el paso de la rosca, la profundidad de la rosca y los ángulos de la cara apical y coronal, son factores críticos que afectan su resistencia mecánica, la Aleación de titanio de 1,5mm x 8mm demostró la relación que existe entre el diámetro interno / externo más baja y el ángulo de orientación apical más amplio, lo que llevó a los valores de IT (Torque de inserción) más bajos. (26)

DISCUSIÓN

La fractura de un mini implante podría ser uno de los efectos secundarios más indeseables en el ambiente clínico, la cual puede estar presente, no solo en la inserción sino también en la extracción (22). Según Watanabe et al., (2013) (27) la fractura se puede presentar en la región de la punta y ocurre cuando entra en contacto con la raíz de un diente, o al modificar el ángulo de inserción; puede ocurrir por el uso de una técnica inadecuada o por la falta de experiencia del operador que realiza el procedimiento (24)(28).

Cabe mencionar al respecto que estudios realizados por Lim et al., (2011) (28) encontraron que los mini tornillos insertados por profesionales más experimentados (más de 20 mini tornillos) tenían una tasa de éxito de estabilidad inicial aproximadamente 3,6 veces mayor, en comparación con los insertados por especialistas menos experimentados después de ajustar el sitio de inserción.(28)

Por otra parte, mencionan la diferencia entre los materiales utilizados para fabricar los mini implantes, como es el titanio, ya que presenta una mejor biocompatibilidad que el acero inoxidable, buena resistencia a la corrosión y además proporciona un contacto directo entre la superficie del mini implante y el hueso. Cabe destacar que el grado de osteointegración alcanzado en los mini implantes de ortodoncia es menor en comparación con los implantes dentales (28). Los mini implantes de acero también se utilizan en ortodoncia y presentan propiedades mecánicas, como una mayor resistencia a la fractura y capacidad de penetración.(29)(30).

Scribante et al. (2018)(25) describen que los resultados de estudios *in vitro* y estudios en animales, han demostrado que los dos materiales presentan resultados similares con respecto a la resistencia a la fractura y torsión, a la estabilidad mecánica y respuesta histológica.(25)

La fractura también se puede presentar en la sección principal del cuerpo de un mini implante, aunque no es muy frecuente. Puede ocurrir en el momento de la inserción o extracción, con el uso de mini implantes que presenten un diámetro estrecho y un diseño del cuerpo de forma cilíndrica, y al igual aplicar un torque de inserción muy alto, (como en la parte posterior de la mandíbula por presentar un hueso cortical denso y grueso), es posible aumentar la tasa de fracaso debido a una compresión ósea relacionada con micro daño. (11) (31).

Inicialmente los mini implantes estaban disponibles solo en formas autorroscantes por lo que se debía realizar un orificio piloto de profundidad completa antes de la inserción del mini implante, si los mini implantes se van a insertar en un sitio con una alta densidad ósea como la mandíbula y el paladar anterior especialmente en adultos donde se encuentra una mayor calidad ósea en comparación con los niños.(11) Sin embargo, se encuentran en el mercado numerosos tornillos autoperforantes; estos tienen un cuerpo cónico con puntas e hilos afilados y se insertan en forma de sacacorchos. La auto perforación provoca una menor alteración de la arquitectura histológica original del hueso periimplantario y evita el riesgo de necrosis tisular térmica. De esta manera, se evita la perforación previa a toda profundidad, aunque la perforación superficial de la cortical se encuentra densa, como en el caso de la parte posterior de la mandíbula y del paladar.(32) De otra forma, se menciona que los mini implantes de diámetro grande por ejemplo de 2mm, no se utilizan universalmente para aumentar la resistencia y la estabilidad a las fracturas porque no suelen acomodarse de manera fácil en los espacios interproximales, por lo que la mayoría de los mini implantes tienen un cuerpo medio de diámetros de 1,5mm para estos sitios. Cabe mencionar que los mini implantes de 2mm de diámetro se pueden usar en sitios alveolares edéntulos y a nivel del paladar medio.(33). Por otra parte, Carano et al., (2005); (20) Lietz., 2008 (34) mencionan que para reducir el riesgo de fractura del mini implante, se deben emplear mini implantes de acero inoxidable que sean resistentes a torques de inserción más altos, en comparación con los mini implantes de titanio, debido a la superficie de acero inoxidable, ya que hace que la osteointegración no sea posible.(20)

De otro modo, los mini implantes de dimensiones similares tienen un diseño diferente, lo cual puede influir en la resistencia a la fractura y en el que se basan los distintos fabricantes para mejorar el rendimiento clínico, la resistencia a la fractura es un aspecto decisivo para ayudar al especialista a elegir el dispositivo más adecuado y seguro. Cabe mencionar que las publicaciones científicas que informan la frecuencia de fractura de los mini implantes en situaciones clínicas son limitadas. Identificar estos factores es importante y de interés similar al de investigaciones como Assad et al y Ceia et al. (17).

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados del presente estudio, no fue posible identificar evidencia que permita dar respuesta a la pregunta relacionada con la frecuencia o tasa de fractura de los mini implantes, en el momento de la inserción, en individuos bajo tratamiento de ortodoncia, así como la resistencia a la fractura de los mismos, dependiendo de su material de fabricación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una revisión de alcance inicial, que permita identificar la naturaleza y extensión de la literatura relacionada con el tema y de esta manera, si resulta pertinente de acuerdo con los resultados, proyectar estudios (clínicos, epidemiológicos y de intervención) que permitan identificar el comportamiento del evento. Al igual que la realización de estudios *in vitro* por parte de los residentes de ortodoncia que se encuentren en formación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tamura H. Comparison of the Anchorage Value of the First Molars Supported with Implant and First Molars Supported with Second Molar during En Masse Retraction M. 2005;8(831):34–7.
2. Alkadhimi A, Al-Awadhi EA. Miniscrews for orthodontic anchorage: a review of available systems. *J Orthod.* 2018;45(2):102–14.
3. Vázquez Santarén M. Microimplantes como anclaje en ortodoncia. 2017;6–11. Available from: <http://hdl.handle.net/10366/137403>
4. Fritz U, Ehmer A, Diedrich P. Klinische Eignung von Mikrotitanschrauben zur orthodontischen Verankerung - Erste Erfahrungen. *J Orofac Orthop.* 2004;65(5):410–8.
5. Patil P, Kharbanda OP, Duggal R, Das TK, Kalyanasundaram D. Surface deterioration and elemental composition of retrieved orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2015;147(4):S88–100. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.10.034>
6. Población M, Díez-Cascón M, Molina A. Microtornillos como anclaje en ortodoncia. Revisión de la literatura. *Rev Española Ortod.* 2004;34(4):319–34.
7. Antoszewska J, Papadopoulos MA, Park HS, Ludwig B. Editor's Summary and Q&A. Five-year experience with orthodontic miniscrew implants: A retrospective investigation of factors influencing success rates. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;136(2):158–9.
8. Cao Y, Liu C, Wang C, Yang X, Duan P, Xu C. A simple way to intrude overerupted upper second molars with miniscrews. *J Prosthodont.* 2013;22(8):597–602.
9. Luzi C. Guidelines for Success in Placement of Orthodontic Mini-Implants. 2009;XLIII(1):39–44.
10. Barros SE, Janson G, Chiqueto K, Garib DG, Janson M. Effect of mini-implant diameter on fracture risk and self-drilling efficacy. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;140(4):181–92.
11. Wilmes B, Panayotidis A, Drescher D. Fracture resistance of orthodontic mini-implants: A biomechanical in vitro study. *Eur J Orthod.* 2011;33(4):396–401.
12. Leo M, Cerroni L, Pasquantonio G, Condò SG, Condò R. Temporary anchorage devices (TADs) in orthodontics: Review of the factors that influence the clinical success rate of the mini-implants. *Clin Ter.* 2016;167(3):70–7.
13. Ferreira F, Leite Quaglio C, Tapia Rivera J, Jirón J. Análisis estructural de mini-implantes ortodónciso. *Acta odontol venez.* 2013;51.
14. Park HS, Jeong SH, Kwon OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;130(1):18–25.
15. Tseng YC, Hsieh CH, Chen CH, Shen YS, Huang IY, Chen CM. The application of

- mini-implants for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2006;35(8):704–7.
16. Büchter A, Wiechmann D, Koerdt S, Wiesmann HP, Piffko J, Meyer U. Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Clin Oral Implants Res*. 2005;16(4):473–9.
 17. Wilmes B, Panayotidis A, Drescher D. Fracture resistance of orthodontic mini-implants: A biomechanical in vitro study. *Eur J Orthod*. 2011;33(4):396–401.
 18. GUTIÉRREZ LABAYE P, HERNÁNDEZ VILLENA R, PEREA GARCÍA MA, ESCUDERO CASTAÑO N BMA. Microtornillos: Una revisión Miniscrews: A revision. *Una Revis* [Internet]. 2014;26(1):25–38. Available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/peri/v26n1/original3.pdf>
 19. Lee KJ, Joo E, Kim KD, Lee JS, Park YC, Yu HS. Computed tomographic analysis of tooth-bearing alveolar bone for orthodontic miniscrew placement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2009;135(4):486–94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.05.019>
 20. Carano A, Lonardo P, Velo S, Incorvati C. Mechanical properties of three different commercially available miniscrews for skeletal anchorage. *Prog Orthod*. 2005;6(1):82–97.
 21. O'Brien K, Sandler J. In the land of no evidence, is the salesman king? *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010;138(3):247–9.
 22. Kuroda S, Tanaka E. Risks and complications of miniscrew anchorage in clinical orthodontics. *Jpn Dent Sci Rev* [Internet]. 2014;50(4):79–85. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdsr.2014.05.001>
 23. Park YC, Choi YJ, Choi NC, Lee JS. Esthetic segmental retraction of maxillary anterior teeth with a palatal appliance and orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;131(4):537–44.
 24. Smith A, Hosein YK, Dunning CE, Tassi A. Fracture resistance of commonly used self-drilling orthodontic mini-implants. *Angle Orthod*. 2015;85(1):26–32.
 25. Scribante A, Montasser MA, Radwan ES, Bernardinelli L, Alcozer R, Gandini P, et al. Reliability of orthodontic miniscrews: Bending and maximum load of different Ti-6Al-4V titanium and stainless steel Temporary Anchorage Devices (TADs). *Materials (Basel)*. 2018;11(7).
 26. Tseng YC, Ting CC, Du JK, Chen CM, Wu JH, Chen H Sen. Insertion torque, resonance frequency, and removal torque analysis of microimplants. *Kaohsiung J Med Sci*. 2016;32(9):469–74.
 27. Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T. Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthod Craniofac Res*. 2013;16(1):44–55.
 28. Lim HJ, Choi YJ, Evans CA, Hwang HS. Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants. *Eur J Orthod*. 2011;33(5):528–32.
 29. Elias CN, Lima JHC, Valiev R, Meyers MA. Biomedical applications of titanium and its alloys *Biological Materials Science* 46-49. *Biol Mater Sci* [Internet].

2008;(March):1–4. Available from: www.tms.org/jom.html

30. Francioli D, Ruggiero G, Giorgetti R. Mechanical properties evaluation of an orthodontic miniscrew system for skeletal anchorage. *Prog Orthod* [Internet]. 2010;11(2):98–104. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pio.2010.04.014>
31. Assad-Loss TF, Kitahara-Céia FMF, Silveira GS, Elias CN, Mucha JN. Fracture strength of orthodontic mini-implants. *Dental Press J Orthod*. 2017;22(3):47–54.
32. Galli C, Piemontese M, Ravanetti F, Lumetti S, Passeri G, Gandolfini M, et al. Effect of surface treatment on cell responses to grades 4 and 5 titanium for orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012;141(6):705–14.
33. Melo ACM, Andrighetto AR, Hirt SD, Bongioiolo ALM, Silva SU, da Silva MAD. Risk factors associated with the failure of miniscrews - A ten-year cross sectional study. *Braz Oral Res*. 2016;30(1):1–6.
34. Nanda SB, Mohammad N, Nayak TK, Pattanaik S, Sahoo SN, Panigrahi P. Mini-implants in orthodontics. *Indian J Public Heal Res Dev*. 2018;9(12):2516–20.