



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE MINI IMPLANTES EN ORTODONCIA DEPENDIENDO DEL ÁNGULO DE INSERCIÓN”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la
ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA

Presenta:

Odt. Vicente Javier Maza Jumbo

Dirigido por:

Dra. Elisa Rebeca Ascencio Rentería

Querétaro, Qro. a 29 Enero 2025

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

Especialidad en Ortodoncia

“Análisis de la resistencia a la tracción de mini implantes en ortodoncia
dependiendo del ángulo de inserción”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la Especialidad en
Ortodoncia

Presenta:

Odt. Vicente Javier Maza Jumbo

Dirigido por:

Dra. Elisa Rebeca Ascencio Rentería

Dra. Elisa Rebeca Ascencio Rentería
Presidente

C.D.E.O. Luis Alberto Anguiano Martínez
Secretario

C.D.E.O. Ma. de Lourdes Arvizu Valencia
Vocal

C.D.E.O. Claudia Álvarez García
Suplente

C.D.E.O. Verónica Reyes Reséndiz
Suplente

Centro Universitario,
Querétaro, Qro. Enero 2025
México

Resumen

Introducción. Los miniimplantes en Ortodoncia han sido la estrategia que ha tenido mas oportunidad en los últimos tiempos, muchos estudios se han realizado en relación a su angulación, diseño y tipo de miniimplante; Utilizando estos dispositivos y con la angulación favorable se proyecta un mejor avance y reducción en el tiempo en el tratamiento de Ortodoncia. Objetivo: Determinar que miniimplante ofrece más resistencia a la tracción, en los ángulos de inserción de 90° y 45°. Material y Métodos: Se realizo un estudio experimental *in vitro* con 20 miniimplantes autorroscantes y autoperforantes de 2mmx 12mm a los cuales se los colocaron en angulación de 45° y 90° en recortes de mandíbula de cerdo que cumplan con los criterios de selección para posteriormente fueron fijados en zócalos de acrílico autocurable, se analizaron en dos grupos diferentes uno para la casa comercial TD y otro para Osstem Hiossen, luego fueron llevados a la maquina universal de pruebas para realizar su tracción. Se analizaron las diferencias obtenidas en el software Graph-Pad InStat para Microsoft Windows, para analizar los datos se utilizaron estadísticos descriptivos de rango, desviación estándar y media y se realizaron pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y la prueba de t Student, considerando como significativo un valor de $p < 0.05$. Resultados: Se encontró diferencia estadísticamente significativa en la tracción para los miniimplantes insertados en una angulación de 90°. Conclusiones: los resultados obtenidos mostraron que los miniimplantes con una angulación a 90° de inserción presentaron mejor estabilidad y resistencia a la tracción.

Palabras Clave: Miniimplantes, angulación, Ortodoncia. TD, Osstem Hiossen

Summary

Introduction. Mini-implants in Orthodontics have been the strategy that has had the most opportunity in recent times, many studies have been carried out in relation to their angulation, design and type of mini-implant; Using these devices and with the favorable angulation, a better progress and reduction in time in the Orthodontic treatment is projected. Objective: To determine which mini-implant offers more resistance to traction, at insertion angles of 90 ° and 45 °. Material and Methods: An experimental in vitro study was carried out with 20 self-drilling and self-tapping mini-implants of 2mm x 12mm which were placed at 45 ° and 90 ° angles in pig jaw cuttings that meet the selection criteria to later be fixed in self-healing acrylic bases, they were analyzed in two different groups, one for the TD commercial house and another for Osstem Hiossen, then they were taken to the universal testing machine to perform their traction. The differences obtained were analyzed in the Graph-Pad InStat software for Microsoft Windows. Descriptive statistics of range, standard deviation and mean were used to analyze the data. Kolmogorov-Smirnov normality tests and the Student t test were performed, considering a p value <0.05 as significant. Results: A statistically significant difference was found in traction for the mini-implants inserted at a 90° angle. Conclusions: The results obtained showed that the mini-implants with a 90° insertion angle presented better stability and tensile strength.

Keywords: Mini-implants, angulation, Orthodontics. TD, Osstem Hiossen

Dedicatorias

A mis padres y hermanos. Han sido el apoyo durante todas las metas que he decidido realizar, en cada paso en lo profesional y lo personal sin duda que gracias a su compañía he logrado llegar hasta este momento.

A mi novia y condicional, siendo una de mis mayores inspiraciones por el día a día para seguir adelante, convirtiéndose en un pilar fundamental para este logro.

Agradecimientos

Agradezco a Dios y la Virgencita del Cisne pues me ha brindado su protección y sabiduría permitiéndome llegar hasta donde estoy, agradezco a todas las personas que han estado en los momentos buenos y malos demostrándome que todo es posible.

El agradecimiento a mis docentes, por compartir todos sus conocimientos y guiarnos a ser cada día mejores, una mención especial para el Dr. Jhonatan Salinas gracias a sus conocimientos y motivación en cada momento que tuve la oportunidad de recibir sus clases, igualmente al Dr. Rubén Domínguez por el asesoramiento durante toda mi formación de la especialidad y en las fases de laboratorio de este documento.

Mi gratitud a mi directora de Tesis, pues me ha brindado su experiencia y conocimiento para la redacción de este documento.

Gracias a mis compañeros, a mi generación y nuestros hermanos menores; por su apoyo y hacer de mi estadía en México una experiencia inolvidable, gracias a Humberto Salazar por compartir dos años de clínica y clases sin duda una gran persona, gracias Daniel, Mikel por acompañar este proceso de especialización.

Gracias a todos pacientes sin ellos no hubiera aprendido y por su paciencia en cada momento de sus consultas. Finalmente, gracias México este país que me abrió las puertas para continuar con mi preparación académica, país lleno de mucha cultura, gastronomía exquisita y de formación académica de calidad, seguramente será mi segunda nación por toda la calidad humana que posee.

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vi
Abreviaturas y siglas	vii
I. Introducción	8
II. Antecedentes	12
III. Fundamentación teórica	15
III.1 dispositivos temporales de anclaje	15
III.2 Estabilidad primaria de TADs	16
III.3 riesgos de fractura de TADs	19
III.4 Angulación de los dispositivos de anclaje temporal	19
IV. Hipótesis	21
V. Objetivos	22
V.1 General	22
V.2 Específicos	22
VI. Material y métodos	23
VI.1 Tipo de investigación	23

VI.2 Población	23
VI.3 Muestra	23
VI.3.1 Criterios de selección	23
VI.3.2 Variables estudiadas	23
VI.4 Técnicas e instrumentos	24
VI.5 Procedimientos	24
VI.5.1 Análisis estadístico	27
VII. Resultados	28
VIII. Discusión	31
IX. Conclusiones	34
X. Propuestas	34
XI. Bibliografía	35
XII. Anexos	43

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VII.1	Comparación de los valores de resistencia a la tracción (N) de mini implantes 2x12mm a 45°	28
VII.2	Comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes 2x12mm a 90°	29
VII.3	Comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes TD 2x12mm	29
VII.4	Comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes Osstem Hiossen 2x12mm	30

Abreviaturas y siglas

TADs: Dispositivos temporales de anclaje

OMI: Mini implantes de Ortodoncia

SDI: Microimplantes autoperforantes

STI: Microimplantes autorroscantes

Mm: milímetros

Cm: centímetros

N: Newton

I. Introducción

El desarrollo de los TADs (Temporary Anchorage Device system o Dispositivos temporales de anclaje) representan un dilema para ortodoncistas, aun cuando existen estudios realizados en TADs y que estos fueron comercializados con poca o ninguna verificación científica básica (Quesada et al. 2015).

Según numerosos estudios de OMI, varios factores como la edad, el sexo, el patrón esquelético, la ubicación de colocación, el diseño del tornillo, el tipo de cirugía de colocación, la carga inmediata, la higiene oral y la inflamación se asocian con su estabilidad. Aunque se ha informado que las tasas de éxito de los OMI oscilan entre el 84 % y el 92 %, los fracasos ocurren con mayor frecuencia en los primeros 4 meses (Lee & Baek 2010).

En 1945 Gainsforth y Higley utilizaron miniimplantes en perros para crear un anclaje absoluto para el movimiento de los dientes por otro lado, Linkow sugirió implantes con fines de anclaje y describió el uso de un implante de hoja endósea para la retracción de los dientes anteriores en 1969 (Curiel et al. 2013).

Algunos investigadores realizaron intrusión del incisivo maxilar con la ayuda de osteosíntesis de titanio, donde se investigó los efectos de la carga inmediata y tardía de implantes dentales en conejos (Baumgaertel et al. 2020).

Para Turley et al. (1988) utilizaron implantes endóseos para investigar la influencia del anclaje absoluto en el movimiento dental en perros y utilizó un miniimplante de 1,2 mm de diámetro.

Después de eso, se publicaron muchos informes sobre los sistemas de anclaje absoluto de ortodoncia, lo que refleja su creciente popularidad e importancia. Algunos de estos solo involucraron tornillos, y algunos usaron tornillos junto con mini placas

(Curiel et al. 2013).

El control del anclaje es un factor importante para éxito en el tratamiento de ortodoncia, durante las últimas 2 décadas, una variedad de anclaje esquelético sistemas, incluyendo implantes dentales, implantes palatinos, mini placas y minitornillos de titanio, se han introducido en la ortodoncia (Roberts et al. 1984).

La introducción de los implantes osteointegrados en odontología simboliza un punto de inflexión en la práctica dental clínica. La carga inmediata (IL) de los implantes dentales ha ganado popularidad recientemente debido a varios factores que incluyen la reducción del tiempo de tratamiento y el trauma, así como los beneficios estéticos y psicológicos para el paciente (Javed & Romanos, 2010).

Los miniimplantes en Ortodoncia han sido populares por la forma absoluta de anclaje y también por reducir el tiempo de tratamiento requerido por el paciente con un anclaje de ortodoncia tradicional. Se han convertido en un método de anclaje sofisticado y fáciles de usar en comparación con los intentos iniciales de osteosíntesis (Baumgaertel et al. 2020).

El uso de minitornillos se ha reconocido como un método alternativo para el control del anclaje. Los minitornillos presentan varias ventajas frente a los implantes convencionales como un tamaño más pequeño, procedimientos de implantación y extracción relativamente sencillos, costes bajos y menos dolor tras la colocación (Araghbidikashani et al. 2016).

Los mini implantes tienen varias formas y tamaños con diferentes diseños de cabeza que permiten una instalación de biomecánica sofisticada convirtiéndolo en una parte integral del tratamiento de Ortodoncia moderna y utilizado en la mayoría de las escuelas de Ortodoncia en los EE. UU (Baumgaertel et al. 2016).

Según Woodall et al. (2011a) el uso de minitornillos de titanio para proporcionar anclaje

ortodóncico se ha hecho cada vez más popular, en una encuesta realizada en 2008 a más de 9000 ortodoncistas y residentes de ortodoncia, se descubrió que el 80% de los 564 encuestados tenían al menos un paciente activo con minitornillos.

Sin embargo, un minitornillo insertado con éxito y estable a largo plazo es solo una parte de la fórmula para el uso clínicamente exitoso de minitornillos, otro componente importante es el acoplamiento del minitornillo en la dentición, si esta conexión fallara incluso un minitornillo estable no brindaría el anclaje deseado (Baumgaertel, et al., 2017).

La estabilidad del implante inmediatamente después de su inserción se denomina estabilidad primaria. La estabilidad primaria se define como el enclavamiento mecánico entre hueso y el implante siendo este un factor importante en la tasa de éxito de los implantes (Jung et al. 2013; McManus et al. 2011).

Varios autores han sugerido que colocar los miniimplantes ortodóncicos en ángulo con la superficie cortical, se cree que la estabilidad primara de los minitornillos se debe al enclavamiento mecánico y está determinada por factores como la calidad y cantidad de la cortical, salud de los tejidos blandos, técnica del operador y el diámetro del tornillo (Miyawaki et al. 2003).

El protocolo generalmente aceptado para la colocación exitosa y predecible de miniimplantes incluye una técnica quirúrgica atraumática, un período de curación corto, materiales biocompatibles y manejo del paciente, para fomentar la regeneración y la osteointegración, en lugar de reparar con encapsulación fibrosa, una curación primaria debe crearse un entorno de trabajo en la superficie del implante óseo (Chen et al. 2009).

Según Wilmes, et al. (2008), en su estudio midieron el torque de colocación como un signo de estabilidad primara in vitro, midieron el par de colocación en 7 ángulos (30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°).

60° 70°, 80° y 90°) en segmentos óseos de ilion de cerdos, llegando a la conclusión de que para conseguir la estabilidad primaria es aconsejable un ángulo de 60° a 70°.

En un estudio se sugirió que la colocación de minitornillos en ángulo a la superficie ósea proporciona más contacto con el hueso cortical y permitió colocar tornillos más largos sin diferencias significativas en las tasas de éxito en función de la angulación (Woodall et al. 2011b).

Deguchi et al. (2006) utilizando la tomografía computarizada para medir el grosor cortical concluyeron que la colocación del implante aproximadamente a 30° respecto al eje del diente aumentaría el contacto con el hueso cortical hasta 1,5 veces en comparación con la colocación a 90°, estos estudios sugieren que la colocación de un minitornillo en ángulo con la superficie ósea aumenta el contacto del hueso cortical y el par de colocación, lo que podría tener un efecto positivo en la estabilidad del minitornillo.

No existe consenso sobre el ángulo de inserción de los minitornillos, algunos estudios han aplicado diversas técnicas: frecuencia de resonancia y par de inserción para medir la estabilidad primaria de los minitornillos (Araghbidikashani et al. 2016).

Sin embargo, recientemente se han utilizado pruebas de extracción y cizallamiento para este fin por lo que sabemos que la mayoría de las investigaciones anteriores han aplicado la angulación mesiodistal y no han evaluado la dirección ocluso gingival (Pickard et al. 2010).

II. Antecedentes

Los implantes osteointegrados se consideran fiables fuentes de anclaje para ortodoncistas. Sin embargo, el gran tamaño de estos implantes limita su uso. Para superar este problema, se desarrollaron mini implantes. Sus ventajas, además del tamaño, incluyen limitaciones anatómicas mínimas, cirugía menor, aumento comodidad del paciente, carga inmediata y menores costos (Reynders et al. 2009).

Debido a que estos dispositivos se utilizan durante períodos de tiempo específicos, en su mayoría dependen de la retención mecánica y no siempre se osteointegran, se han utilizado otros términos como minitornillos, implantes de minitornillos, microtornillos y dispositivos de anclaje temporal. No existe un acuerdo general sobre la nomenclatura (Cornelis et al. 2007).

Según Chen et al. (2006) menciona que muchos mini implantes ahora están disponibles y los ortodoncistas están tratando de incorporarlos en varias situaciones clínicas; Sin embargo, con la introducción de nuevas técnicas, normalmente surgen preguntas. Los médicos desean información sobre las tasas de éxito reales y los posibles efectos adversos de los miniimplantes para el anclaje de ortodoncia.

También quieren identificar variables que podrían influir en el éxito. Aunque existen numerosos artículos sobre estos temas, la confusión surge de las diferencias en sus hallazgos; además, las revisiones actualmente disponibles sobre miniimplantes no eran sistemáticas o planteaban diferentes preguntas clínicas (Heymann & Tulloch 2006).

El ángulo de inserción adecuado es importante para el anclaje cortical, la seguridad del paciente y el control biomecánico; el uso de un ángulo de inserción adecuado reduce el riesgo de dañar las raíces dentales de los dientes adyacentes y también proporciona una mayor superficie de contacto entre el microimplante y el hueso. Pero se desconoce el impacto real de

las diferentes angulaciones de inserción en la estabilidad del microimplante (Wilmes et al. 2008).

Es virtualmente imposible medir el estrés con precisión alrededor de los microimplantes in vivo. Además, es difícil lograr una solución analítica para problemas que involucran geometrías complicadas como el maxilar y la mandíbula, que están expuestos a varios tipos de cargas (Jasmine et al. 2012).

El análisis de elementos finitos proporciona una solución aproximada para la respuesta de las estructuras tridimensionales (3D) a las cargas externas aplicadas bajo ciertas condiciones de contorno. Parece adecuado para simular situaciones complejas de estrés mecánico en la región maxilofacial (Basciftci et al. 2008).

De acuerdo al estudio realizado por Chen et al. (2008), concluyeron que los microimplantes autoperforantes tienen una alta estabilidad inicial y se pueden usar en el maxilar y en áreas delgadas de hueso cortical de la mandíbula.

Los implantes sin fresas mostraron menos movilidad y mayor contacto histomorfométrico hueso-metal, esto podría deberse a que la inserción sin perforación produce pocos restos óseos y menos cambios térmicos; con base en estos estudios, se eligieron microimplantes autoperforantes para la retracción en masa en el maxilar y la mandíbula (Jasmine et al. 2012).

En otros estudios realizados por Zhang et al. (2006), se mostraron quienes analizaron la influencia de diferentes ángulos de inclinación, incluidos 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 90, en las características biomecánicas del anclaje de ortodoncia en la interfase implante-hueso.

En un estudio anterior Noble et al. (2009), encontraron que la extracción de un dispositivo de anclaje temporal que se había insertado en ángulo ejercía una mayor tensión en

el hueso que cuando el minitornillo se colocaba perpendicular al hueso esto indica que los niveles de tensión disminuyen a medida que el ángulo de inserción aumenta de 30 a 90°.

Moon et al. (2008), informaron que los minitornillos deben insertarse en 70° a 80° del eje longitudinal de los dientes para una mejor estabilidad y éxito del microimplante en la región bucal posterior del maxilar y la mandíbula.

El hallazgo de una tensión significativamente mayor sobre el hueso con la inserción del microimplante a los 30° que a los 90° apoya la hipótesis de la estabilidad, el estrés clínicamente mayor podría atraer más citoquinas, macrófagos y mediadores inflamatorios al sitio, lo que posiblemente resulte en un mayor riesgo de falla del microimplante debido a la pérdida de la estabilidad primaria (Van Staden et al. 2006).

La mayoría de los fracasos de los implantes dentales se han atribuido a tensiones y tensiones biomecánicas en la interfaz hueso-implante, lo que da como resultado una inflamación periimplantaria que puede conducir a la pérdida ósea (Jasmine et al. 2012).

III. Fundamentación teórica

Dispositivos Temporales de Anclaje (TADs) autoperforantes y autorroscantes

Con los miniimplantes autoperforantes se mejoró significativamente los riesgos de daño tisular porque antes se necesitaba para la colocación del miniimplante, el sobrecalentamiento y mayor estabilidad primaria y contacto hueso metal, por lo que la colocación sin taladro aumenta significativamente el torque y la carga de la colocación como consecuencia el riesgo de la fractura también aumenta (Barros et al. 2011).

De acuerdo a Suzuki & Suzuki (2011) en un estudio reciente basado en pacientes informó que los dispositivos de anclaje esquelético temporales autoperforantes muestran valores de torsión de inserción máxima más altos estadísticamente significativos que los minitornillos preperforantes en sitios maxilares y mandibulares.

En el estudio de Holmgren et al. (1998) , se utilizan dos métodos para la colocación de los tornillos: el método autorroscante, que requiere la preparación de un orificio piloto antes de la inserción, y el método autoperforante, que permite insertar el tornillo sin perforar previamente.

Tachibana et al. (2012) recomendaron utilizar el método de auto perforación o método de autorroscado, este último mediante la perforación de un orificio piloto de 1,0 mm de diámetro cuando se colocó un tornillo de 1,6 mm de diámetro en el hueso alveolar vestibular maxilar.

Son et al. (2014) compararon los 2 métodos para identificar la influencia del contacto con la raíz en la estabilidad del tornillo e informaron que el método autoperforante mostró una movilidad significativamente mayor que el método autorroscante.

Aunque Wiechmann et al. (2007) al tuvieron una tasa de fracaso más baja para los OMI con un diseño autoperforante y diámetros más grandes, los OMI autoperforantes con un

diámetro de tornillo grande y una forma cónica o cónica pueden causar una sobre compresión del hueso cortical por un torque de colocación excesivo.

Esto puede conducir a microdaño, una deformación permanente de la microestructura en el hueso cortical cargado en forma de fatiga, fluencia y eventual agrietamiento. Por lo tanto, la acumulación de microdaño puede producir isquemia local, necrosis ósea, remodelado óseo y pérdida prematura del OMI (Wawrzinek et al. 2008; Inaba 2009).

Hasta donde sabemos, pocos estudios histomorfométricos han evaluado el microdaño en el hueso cortical después de la colocación de OMI. El propósito de este estudio fue investigar los efectos del diámetro y la forma de los OMI con respecto al microdaño en el hueso cortical durante la colocación del OMI (Lee & Baek, 2010).

Estabilidad primaria de TADs

Dos factores afectan la estabilidad inicial de un tornillo: el factor tornillo y el factor huésped. El factor del tornillo está relacionado con las características del diseño del tornillo, incluido el diámetro y la longitud (Jung et al. 2013).

Se han introducido varios diseños de tornillos para mejorar la estabilidad inicial. El objetivo es aumentar la fijación inicial mediante la inducción de fuerzas de compresión controladas en la capa de hueso cortical; en el campo de la prostodoncia, se informó que una forma cónica puede mejorar la estabilidad para la carga inmediata al aumentar el contacto mecánico entre el implante dental y el hueso circundante (Motoyoshi et al. 2006).

El factor huésped está relacionado con la cantidad y calidad del hueso donde se coloca el tornillo. El grosor del hueso cortical (CBT) (cantidad) puede afectar la estabilidad inicial de un tornillo (Motoyoshi et al. 2006).

El análisis de elementos finitos mostró que, cuando se aplica una fuerza lateral al tornillo, la mayor parte de la fuerza se concentra en el hueso cortical, por este motivo, los estudios previos se centraron en los antecedentes anatómicos relacionados con la TCC más que en la calidad ósea, para mejorar la estabilidad del minitornillo (Cattaneo et al 2005).

Chen et al. (2008) menciona que las diferencias en las características biomecánicas y los mecanismos entre los microimplantes autoperforantes (SDI) y los microimplantes autorroscantes (STI) en términos de cómo se anclan al hueso no han sido documentadas, aclarado en estudios previos en animales y clínicos, los implantes dentales osteointegrados se han utilizado como dientes anquilosados para proporcionar un anclaje ortodóncico.

En teoría, los SDI podrían causar menos daño al hueso durante su colocación; por lo tanto, la osteointegración podría ocurrir antes y ser mejor que con las STI. Debido a que se cree que la estabilidad primaria es esencial para lograr el contacto ideal entre el hueso y el implante (BIC), los estudios clínicos han demostrado un torque de colocación significativamente mayor con las SDI, pero no histológicamente (Heidemann et al. 1998).

Estudios anteriores han evaluado la estabilidad de los sistemas de anclaje de minitornillos con experimentos mecánicos, estudios histomorfométricos y simulaciones de elementos finitos de las funciones de la geometría del tornillo, la calidad del hueso, las condiciones de implantación y los efectos de carga (Liu et al. 2012).

Se dieron muchas sugerencias para aumentar la estabilidad, como el uso de tornillos de forma cónica, incluido el pilar, evitando la rosca cervical, usando tornillos de diámetro amplio, aplicando tornillos con una longitud de 9 mm, logrando una osteointegración bicortical o parcial, implante en hueso cortical de más de 1 mm de espesor, implante en hueso de alta densidad, explotando minitornillos sin broca, inserción con 60 a 70° de angulación, fijación con torque de inserción de 5 a 10 Ncm, e inclinando la carga en dirección bucal (Motoyoshi et al. 2006a;

Wilmes et al. 2008).

El torque de colocación del tornillo se ha sugerido como un parámetro en el éxito o fracaso del tornillo. Un estudio anterior informó que los tornillos colocados con un torque de colocación máximo en el rango de 5 a 10 Ncm tuvieron tasas de éxito significativamente más altas en comparación con aquellos colocados con un torque de menos de 5 Ncm o mayor de 10 Ncm. Sin embargo, este fue un estudio clínico y deja la preocupación de que otras variables además del torque de colocación desempeñaron un papel en los resultados (Okazaki et al. 2008).

Por otro lado, se encontró un valor de torque de remoción más alto para los tornillos pretaladrados, lo que sugiere que podría ocurrir una osteointegración más favorable con valores de torque de inserción máximos más bajos (Suzuki & Suzuki 2011).

Migliorati et al. (2012) en un estudio experimental previo con hueso sintético informó que las propiedades geométricas de temporal dispositivos de anclaje esquelético, expresados como el hilo factor de forma, juegan un papel fundamental en la estabilidad primaria.

El factor de forma de la rosca se calcula como la relación entre la profundidad media de la rosca y el paso del minitornillo; fue introducido por primera vez por quienes describieron la influencia del factor de forma de la rosca en la resistencia a la extracción de los tornillos para hueso esponjoso. Al aumentar este valor, la resistencia a la fuerza de extracción mejora en condiciones estándar (Chapman et al. 1996).

Motoyoshi et al. (2006), evaluaron la estabilidad inicial de los miniimplantes midiendo el torque de colocación al apretarlos y encontraron que el torque de colocación recomendado para una implantación exitosa era de 5 a 10 N cm³.

Motoyoshi et al. (2009) en los últimos años, los miniimplantes autoperforantes que se

insertan en el hueso sin un agujero piloto se han utilizado a menudo como anclaje de ortodoncia.

Riesgos de fractura de TADs

La fractura del miniimplante ahora podría ser una complicación clínica más grave que el contacto radicular debido a que el riesgo de fractura es inversamente proporcional, el uso de un miniimplante autoperforante más grueso podría reducir el riesgo de fractura en sitio críticos de colocación y también mejora la estabilidad del tornillo (Chen et al. 2008).

La fractura de los implantes de minitornillo es un tema importante en ortodoncia clínica, nadie ha estudiado la fractura mecanismo para estos implantes bajo carga torsional (Iijima et al. 2008).

Angulación de los Dispositivos de Anclaje Temporal TADs

Sugirieron que el tornillo inclinado podría aumentar el grosor y la estabilidad aparentes del hueso cortical, demostró que la movilidad del tornillo inclinado hacia la superficie del hueso era significativamente menor que cuando el tornillo se colocaba perpendicularmente (Deguchi et al. 2006; Inaba 2009).

También afirmaron que es menos probable que un tornillo inclinado hacia la superficie del hueso cause un contacto radicular para una profundidad de impactación horizontal poco profunda, e informaron que la diferencia en el ángulo de colocación del tornillo entre los métodos autoperforante y autorroscante puede influir la frecuencia de contacto con la raíz. Sin embargo, nos deja que la relación entre el ángulo de colocación del tornillo y el contacto con la raíz del diente no está suficientemente clara (Deguchi et al. 2006; Iwai et al. 2015).

En ortodoncia, la fuerza de extracción se utiliza básicamente para describir la

resistencia al corte de los minitornillos colocados en muestras de hueso, usaron la carga de extracción para describir la estabilidad de los microtornillos con diferentes espesores corticales en diferentes tiempos de cicatrización, y usaron esta prueba para verificar el efecto de la orientación del implante del minitornillo en la resistencia al fracaso (Pickard et al. 2010; Wei et al. 2011).

Sin embargo, para comprender completamente cómo los tornillos generan la mejor estabilidad, se deben considerar los componentes estáticos del sistema (cantidad y calidad ósea, así como el diseño del tornillo) y el componente dinámico (fase de inserción). Los componentes estáticos podrían expresarse en términos de grosor cortical y densidad ósea, mientras que un factor que describe la carga de inserción es el valor máximo del torque de inserción (Migliorati et al. 2012).

IV. Hipótesis

IV.1 Hipótesis de trabajo

El mini implante en un ángulo de inserción de 90° ofrece más resistencia a la tracción que el mini implante en un ángulo de inserción de 45° .

IV.2 Hipótesis nula

El mini implante en un ángulo de inserción de 45° ofrece más resistencia a la tracción que el mini implante en un ángulo de inserción de 90°

V. Objetivos

V.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar que mini implante ofrece más resistencia a la tracción, en los ángulos de inserción de 90° y 45°.

V.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Medir la resistencia a la tracción que ofrece el mini implante en un ángulo de inserción de 90°.

Medir la resistencia a la tracción que ofrece el mini implante en un ángulo de inserción de 45°.

Comparar la resistencia a la tracción, que ofrecen los mini implantes en los ángulos de inserción de 90° y 45°.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Experimental *in vitro*

VI.2 Población

Mini implantes autoperforante y autorroscante de 2mmx12mm

VI.3 Muestra

El tamaño de la muestra es de 20 miniimplantes por conveniencia por lo que se decidió después de realizar una búsqueda bibliográfica y observar de manera repetida que trabajos similares se realizaron con tamaños de muestra como el propuesto aquí, tal es el caso de Quesada et al. (2015) que lo realizó en 20 mini implantes, o Iturbe et al. (2014) que lo realizó en 8 mini implantes.

VI.3.1 Criterio de selección

Se incluyeron los mini implantes con características autoperforantes y autorroscantes combinadas de 2x12mm y que no presenten medidas diferentes en grosor y tamaño; se eliminan del mismo modo mini implantes que sufran fracturas que imposibilite analizar las variables de interés.

VI.3.2 Variables estudiadas.

Dependiente

Se estudio la resistencia a la tracción medida en Newton obtenida de la maquina universal de pruebas mecánicas.

Independientes

Se consideraron mini implantes en un ángulo de inserción de 90° y 45° siendo una variable cualitativa nominal de 2x12mm insertados hasta una profundidad deseada con un destornillador manual.

VI.4 Técnicas e instrumentos

Los datos obtenidos de las pruebas en la maquina universal se registraron en una hoja de captación de datos, para posteriormente en una base de datos de Excel, donde se realizaron los análisis correspondientes, las medidas realizadas serán por la misma persona en las mismas condiciones.

VI.5 Procedimientos

Fase de recopilación de materiales

1. Luego de la verificación de los materiales con los proveedores se adquiere los 20 mini implantes entregados con las características de los criterios de inclusión, una vez verificado que no exista daños de fabricación se procede a su almacenamiento.



Figura 1; Kit de instalación de mini implantes y tornillo TD 2x12mm.

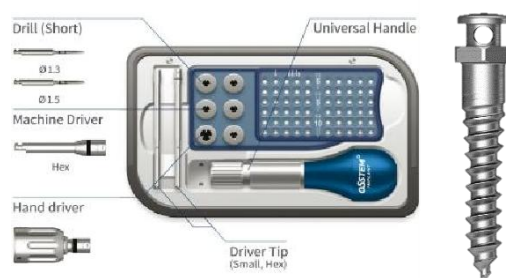


Figura 2; Kit de instalación de mini implantes y tornillo Osstem Hiossen 2x12mm

2. La mandíbula de cerdo seleccionada, luego se realizaron 5 segmentos, estos cortes se realizaron con una cegueta, los cortes tuvieron al menos 2mm de cortical basal.
3. Con la mandíbula de cerdo después de ser seleccionada se realizaron montajes en una base acrílica autocurable con su base plana, sus dimensiones fueron de 8x4x5cm.



Figura 3; Recorte de mandíbula de cerdo en una base acrílica autocurable con dimensiones de 8x4x5cm.

4. Sobre los recortes mandibulares se instalaron los mini implantes de acuerdo a las angulaciones de estudio en 90 y 45° (figura 5 y 6), se apoyó en un correlómetro para su instalación (figura 4), el procedimiento fue realizado por el mismo operador y bajo las mismas condiciones.

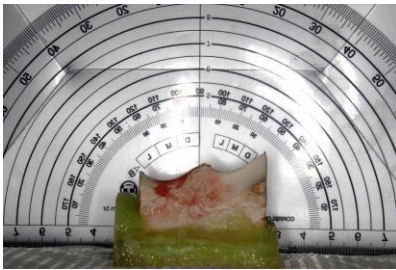


Figura 4; montaje de recorte mandibular y correlómetro

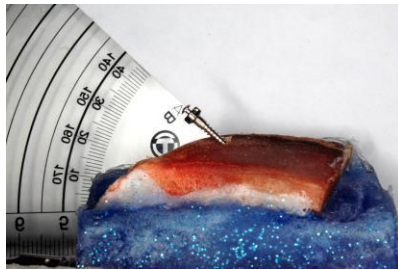


Figura 5; Instalación de mini implante TD 2x12mm en angulación de 45°

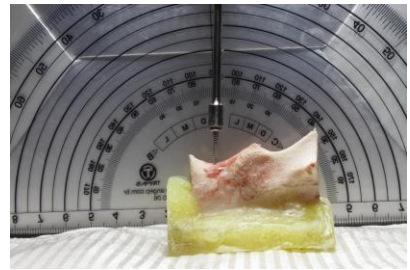


Figura 6; Instalación de mini implante TD 2x12mm en angulación de 90°

Fase de montaje en máquina de pruebas

5. Luego de las autorizaciones por la parte administrativa y del personal docente del laboratorio de análisis de la facultad de Odontología de la UAQ, donde se verifico la necesidad de adaptaciones y elementos que nos ayuden a la retención de las muestras en la maquina universal de pruebas.

6. Se adaptó un alambre de acero 0.032 en el orificio de la cabeza del mini implante, esto con la finalidad de sujetar el otro extremo a la maquina universal de pruebas para su tracción.



Figura 7; Maquina universal de pruebas mecánicas.

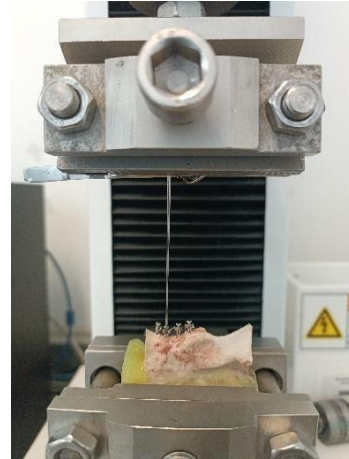


Figura 8; Sujeción de mini implante con alambre .032 a la maquina universal de pruebas mecánicas.

7. Luego de la tracción de cada uno de los mini implantes los datos se registraron en una base de datos de Excel para su análisis pertinente.

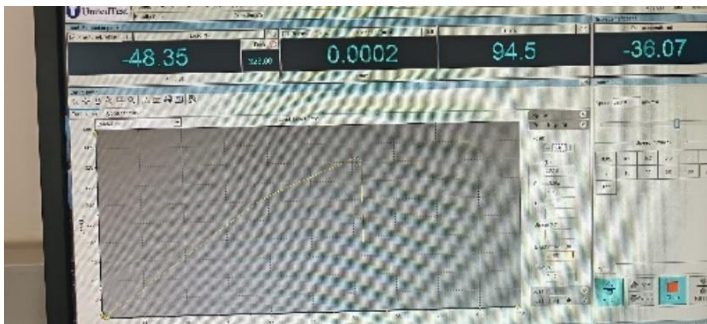


Figura 9; Resultados obtenidos de la maquina universal de pruebas

Universidad Autónoma de Querétaro					
Metodología de la Investigación					
Alumno: Virante Javier Maza Jumbo					
Resultados Experimentales de Tests					
Angulación 45° (mm/min)					
#	Fecha	Marca	Fuerza Newton	Tiempo Segundos	Minutamiento Desplazamiento
1	04/07/20	ISI	177.5	148.32	4.26
2	04/07/20	ISI	121.8	180.2	9.60
3	04/07/20	ISI	96.4	47.8	1.23
4	04/07/20	ISI	42.4	42.3	0.73
5	04/07/20	ISI	240.65	421.9	7.23
6	04/07/20	ISI	188.6	129.6	3.36
7	04/07/20	ISI	76.1	39.8	1.27
8	04/07/20	ISI	207.4	448.8	1.86
9	04/07/20	ISI	155.9	58.2	1.7
10	04/07/20	ISI	207.4	58.2	1.7
Angulación 90° (mm/min)					
#	Fecha	Marca	Fuerza Newton	Tiempo Segundos	Minutamiento Desplazamiento
1	04/07/20	ISI	484.2	396.52	6.62
2	04/07/20	ISI	425.6	406.72	6.79
3	04/07/20	ISI	332.9	209.6	3.52
4	04/07/20	ISI	197.8	124	3.61
5	04/07/20	ISI	370.6	345.9	4.23
6	04/07/20	ISI	364.26	245.2	2.24
7	04/07/20	ISI	335.5	145.9	3.59
8	04/07/20	ISI	676.6	176.1	2.46
9	04/07/20	ISI	128.6	126.3	1.26
10	04/07/20	ISI	358.6	185.1	1.46

Figura 10; Base de Datos de Excel.

VI.6 Análisis estadístico

El manejo de los resultados fue con la versión 3.0 del software Graph-Pad InStat (SanDiego, CA, USA) para Microsoft Windows. Para analizar los datos se utilizaron estadísticos descriptivos de rango, desviación estándar y media. Se realizaron pruebas de normalidad con Kolmogorov-Smirnov y la prueba de t Student; se consideró como significativo un valor de $p < 0.05$ en todas las variables.

VII: Resultados

El cuadro número uno, se presentan dos grupos de mini implantes TD y Osstem Hiossen en los que se señala la comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes de 2x12mm a 45°, los resultados cuantitativos se representan con promedio, más menos desviación estándar y el rango. Los valores de los mini implantes Osstem Hiossen 227.9 ± 103.5 se ubican por encima de los valores de los mini implantes TD 134.9 ± 20.8 sin diferencia estadísticamente significativa con un valor de p de 0.0847.

Cuadro 1. Comparación de los valores de resistencia a la tracción (N) de mini implantes 2x12mm a 45°

Grupo	TD (n=5)	Osstem Hiossen (n=5)	Valor de p
X \pm DE (Rango)			
Resistencia a la tracción	134.9 ± 20.8 (117.5-168.8)	227.9 ± 103.5 (136.3 – 397.4)	0.0847

mm: milímetros; N: Newton; X: Promedio; DE: Desviación estándar. Prueba de t de Student

El cuadro número dos, se presentan dos grupos de mini implantes TD y Osstem Hiossen en los que se señala la comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes de 2x12mm a 90°, los resultados cuantitativos se representan con promedio, más menos desviación estándar y el rango. Los valores de los mini implantes Osstem Hiossen 351.7 ± 24.4 se ubican por encima de los valores de los mini implantes de TD 310.5 ± 96.0 sin diferencia estadísticamente significativa con un valor de p 0.3800.

Cuadro 2. Comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes 2x12mm a 90°

Grupo	TD (n=5)	Osstem Hiossen (n=5)	Valor de p
		X ± DE (Rango)	
Resistencia a la tracción	310.5 ± 96.0 (177.7 – 425.3)	351.7 ± 24.4 (316.5 – 378.6)	0.3800

Mm: milímetros; X: Promedio; DE: Desviación estándar. Prueba de t de Student

El cuadro número tres, se presentan dos grupos de mini implantes TD en los que se señala la comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes de 2x12mm a 45° y 90°, los resultados cuantitativos se representan con promedio, más menos desviación estándar y el rango. Los valores de los mini implantes TD con inserción de 90° fueron de 310.5 ± 96.0 se ubican por encima de los valores de los mini implantes de TD con inserción a 45° con un valor de 134.9 ± 20.8 con una diferencia estadísticamente significativa con un valor de p 0.0040.

Cuadro 3. Comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes TD 2x12mm

Grupo	TD 45° (n=5)	TD 90° (n=5)	Valor de p
		X ± DE (Rango)	
Resistencia a la tracción	134.9 ± 20.8 (117.5 – 168.8)	310.5 ± 96.0 (177.7 – 425.3)	0.0040

Mm: milímetros; X: Promedio; DE: Desviación estándar. Prueba de t de Student

El cuadro número cuatro, se presentan dos grupos de mini implantes Osstem

Hiossen en los que se señala la comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes de 2x12mm a 45° y 90°, los resultados cuantitativos se representan con promedio, más menos desviación estándar y el rango. Los valores de los mini implantes Osstem Hiossen con inserción de 90° fueron de 351.7 ± 24.4 se ubican por encima de los valores de los mini implantes de Osstem Hiossen con inserción a 45° con un valor de 227.9 ± 103.5 con una diferencia estadísticamente significativa con un valor de p 0.0316.

Cuadro 4. Comparación de los valores de resistencia a la tracción de mini implantes Osstem Hiossen 2x12mm

Grupo	Osstem Hiossen 45° (n=5)	Osstem Hiossen 90° (n=5)	Valor de p
		X ± DE (Rango)	
Resistencia a la tracción	227.9 ± 103.5 (136.3 – 397.4)	351.7 ± 24.4 (316.5 – 378.6)	0.0316
Mm: milímetros; X: Promedio; DE: Desviación estándar. Prueba de t de Student			

VIII: Discusión

En las diferentes investigaciones que se han realizado para obtener mejores resultados en el anclaje de los tratamientos de ortodoncia, donde se han evaluado el uso de anclaje esquelético por medio de los miniimplantes con la finalidad de obtener resultados más predecibles.

El propósito de este estudio fue determinar cuál es la resistencia de los miniimplantes en diferentes ángulos de inserción a los 45° y 90°. En este estudio se utilizaron tornillos de 2x12mm de la casa comercial TD y Osstem Hiossen y luego de las pruebas estadísticas se encontró diferencias estadísticamente significativas con el ángulo de inserción de 90° se acepta la hipótesis de trabajo.

Los resultados obtenidos mostraron que existe una resistencia significativa mayor a las fuerzas de tracción para los miniimplantes con una angulación de 90° principalmente en Osstem Hiossen 351.7 ± 24.4 que a diferencia de los miniimplantes TD 310.5 ± 96.0 , en cambio para los miniimplantes con angulación de 45° se obtuvieron valores inferiores para los miniimplantes Osstem Hiossen con 134.9 ± 20.8 .

De la misma manera que se realizaron los recortes mandibulares que se colocaron en bloques de acrílico se tomó en cuenta que haya por lo menos 2mm de cortical para una colocación monocortical de los miniimplantes, similar al estudio de (Huja et al. 2005) que usaron bloques de hueso y el tornillo en mandíbulas de perros

Beagle con tamaños de cortical similar a este estudio, obteniendo un resultado favorable en la resistencia a la tracción aun cuando existe una monocorticalidad de los mini implantes.

(Wilmes et al. 2008) en su estudio de impacto del ángulo de inserción en la estabilidad primaria de los miniimplantes, el ángulo de inserción tuvo un impacto significativo para los valores que midieron entre los 60 y 70° obteniendo mejores resultados en los valores más altos, similar a este estudio donde los mini implantes con un ángulo de inserción de 90° tuvieron valores más significativos, es por eso que una mejor estabilidad en la clínica de la colocación de los mini implantes tendrán mejores resultados los valores cercanos a un ángulo recto.

No se encuentra diferencia significativa en el estudio realizado de (Huja et al. 2005) que se realizó específicamente con 56 mini implantes de 8mm de longitud y 2 mm de diámetro en diferentes zonas de maxila y mandíbula de perros Beagle, cuya conclusión fue que los mini implantes colocados en la región anterior mandibular tuvieron significativamente menor resistencia a la tracción (13.71 +/- 2.45 KgF) que los colocados en la región mandibular posterior (39.59 +/- 2.36 KgF), se analiza que los datos resultantes de la resistencia a la tracción son similares a nuestra investigación.

(Pickard et al. 2010) en su estudio “Effects of miniscrew orientation on implant stability and resistance to failure” donde sus reportes fueron que los mini implantes colocados a 90° tuvieron mayor resistencia a las fuerzas comparadas con las

angulaciones a 45° en mini implantes con diámetros similares a esta investigación, también menciona que los mini implantes pueden resistir fuerzas q van desde los 50g a 450g.

Existen diferentes documentaciones del uso exitoso de los minitornillos para un anclaje ortodóncico, a pesar de que la literatura carece de un estudio que analice el efecto del diámetro de los minitornillos en la resistencia a la fuerza de anclaje para (Morarend et al. 2009) los tornillos mono corticales de mayor diámetro 2,5mm proporcionaban una mayor resistencia a la fuerza de anclaje que los tornillos mono corticales de menor diámetro 1,5mm, en este estudio el diámetro utilizado es 2mm por lo cual también se manifiesta como un factor para la resistencia a la tracción, colocar un minitornillo bicortical proporcionan mayor resistencia sin necesidad de tener mayor diámetro.

Es necesario mencionar que el presente estudio se realizó *in vitro* lo cual no se puede tener control de otros factores que pueden intervenir en el desalojo de los mini implantes, como por ejemplo el tipo de hueso, su densidad debido a la zona de las muestras, como también no se controla tejidos circundantes y además estar limitado a una sola dimensión de los mini implantes.

IX: Conclusiones

Los resultados obtenidos mostraron que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los mini implantes colocados a 90° en comparación a los mini implantes a 45°. Los mini implantes con una angulación a 90° ayuda aumentar la estabilidad en los tratamientos de ortodoncia.

X: Propuestas

Dado a los pocos estudios sobre este tipo de investigación se procura incentivar la continuación investigativa sobre este estudio añadiendo mas variables como diferentes grados de angulación de los mini implantes, diferentes diámetros de mini implantes, tejidos circundantes, etc.

XI: Bibliografía

- Araghbidikashani, Mehdi, Amin Golshah, Nafiseh Nikkerdar, and Majid Rezaei. 2016. "In-Vitro Impact of Insertion Angle on Primary Stability of Miniscrews." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 150(3):436–43.
- Barros, Sergio Estelita, Guilherme Janson, Kelly Chiqueto, Daniela Gamba Garib, and Marcos Janson. 2011. "Effect of Mini-Implant Diameter on Fracture Risk and Self-Drilling Efficacy." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 140(4):e181–92.
- Basciftci, Faruk Ayhan, Hasan Hüsnu Korkmaz, Serdar Üşümez, and Oğuz Eraslan. 2008. "Biomechanical Evaluation of Chincup Treatment with Various Force Vectors." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 134(6):773–81.
- Baumgaertel, Sebastian, Clark L. Jones, and Mustafa Unal. 2017. "Miniscrew Biomechanics: Guidelines for the Use of Rigid Indirect Anchorage Mechanics." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 152(3):413–19.
- Baumgaertel, Sebastian, Juan Martin Palomo, Micaela Zaverdinos, and Tarek Elshebiny. 2020. "Ten Years of Miniscrew Use in a US Orthodontic Residency Program." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 158(6):834–39.
- Baumgaertel, Sebastian, Sorapan Smuthkochorn, and Juan Martin Palomo. 2016. "Intrusion Method for a Single Overerupted Maxillary Molar Using Only Palatal Mini-Implants and Partial Fixed Appliances." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 149(3):411–15.

- Cattaneo, P. M., M. Dalstra, and B. Melsen. 2005. "The Finite Element Method: A Tool to Study Orthodontic Tooth Movement." *Journal of Dental Research* 84(5):428–33.
- Chapman, J. R., R. M. Harrington, K. M. Lee, P. A. Anderson, A. F. Tencer, and D. Kowalski. 1996. "Factors Affecting the Pullout Strength of Cancellous Bone Screws."
- Chen, Chung-Ho, Chao-San Chang, Chi-Hsin Hsieh, Yu-Chuan Tseng, Yee-Shyong Shen, I. Yueh Huang, Chia-Fu Yang, and Chun-Ming Chen. 2006. "The Use of Microimplants in Orthodontic Anchorage." *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 64(8):1209–13.
- Chen, Yan, Hee Moon Kyung, Wen Ting Zhao, and Won Jae Yu. 2009. "Critical Factors for the Success of Orthodontic Mini-Implants: A Systematic Review." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 135(3):284–91.
- Chen, Yan, Hong-In Shin, and Hee-Moon Kyung. 2008. "Biomechanical and Histological Comparison of Self-Drilling and Self-Tapping Orthodontic Microimplants in Dogs." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 133(1):44–50.
- Cornelis, Marie A., Nicole R. Scheffler, Hugo J. De Clerck, J. F. Camilla Tulloch, and Catherine Nyssen Behets. 2007. "Systematic Review of the Experimental Use of Temporary Skeletal Anchorage Devices in Orthodontics." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 131(4):S52–58.
- CURIEL MEZA, BRENDA YANETH, RAFAEL RIVAS GUTIERREZ, and ROGELIO DIAZ PEÑA. 2013. "Uso de Microimplantes En El Tratamiento de Ortodoncia." *CONACYT*.
- Deguchi, Toru, Miho Nasu, Kaoru Murakami, Toshinori Yabuuchi, Hiroshi Kamioka, and

- Teruko Takano-Yamamoto. 2006. "Quantitative Evaluation of Cortical Bone Thickness with Computed Tomographic Scanning for Orthodontic Implants." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 129(6):721-e7.
- Heidemann, Wolfgang, Klaus Louis Gerlach, Karl-Heinz Gröbel, and Hans-Georg Köllner. 1998. "Influence of Different Pilot Hole Sizes on Torque Measurements and Pullout Analysis of Osteosynthesis Screws." *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 26(1):50–55.
- Heymann, Gavin C., and J. F. Camilla Tulloch. 2006. "Implantable Devices as Orthodontic Anchorage: A Review of Current Treatment Modalities." *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 18(2):68–79.
- Holmgren, Eric P., Robert J. Seckinger, Leslie M. Kilgren, and Francis Mante. 1998. "Evaluating Parameters of Osseointegrated Dental Implants Using Finite Element Analysis a Two-Dimensional Comparative Study Examining the Effects of Implant Diameter, Implant Shape, and Load Direction." *Journal of Oral Implantology* 24(2):80–88.
- Huja, Sarandeep S., Alan S. Litsky, F. Mike Beck, Kenneth A. Johnson, and Peter E. Larsen. 2005. "Pull-out Strength of Monocortical Screws Placed in the Maxillae and Mandibles of Dogs." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 127(3):307–13. doi: 10.1016/j.ajodo.2003.12.023.
- Iijima, Masahiro, Takeshi Muguruma, William A. Brantley, Miki Okayama, Toshihiro Yuasa, and Itaru Mizoguchi. 2008. "Torsional Properties and Microstructures of Miniscrew Implants." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 134(3):333-e1.

- Iturbe, Oscar Iniestra, Enrique Grageda Núñez, Carlos Álvarez Gayosso, and Jorge Guerrero Ibarra. 2014. "Resistencia a Fuerzas de Tracción de Miniimplantes Usados En Ortodoncia Dependiendo Del Ángulo de Inserción." *Revista Mexicana de Ortodoncia* 2(3):187–91.
- Iwai, Hiroaki, Mitsuru Motoyoshi, Yasuki Uchida, Miho Matsuoka, and Noriyoshi Shimizu. 2015. "Effects of Tooth Root Contact on the Stability of Orthodontic Anchor Screws in the Maxilla: Comparison between Self-Drilling and Self-Tapping Methods." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 147(4):483–91.
- Jasmine, M. Issa Fathima, A. Arif Yezdani, Faisal Tajir, and R. Murali Venu. 2012. "Analysis of Stress in Bone and Microimplants during En-Masse Retraction of Maxillary and Mandibular Anterior Teeth with Different Insertion Angulations: A 3-Dimensional Finite Element Analysis Study." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 141(1):71–80.
- Javed, Fawad, and George E. Romanos. 2010. "The Role of Primary Stability for Successful Immediate Loading of Dental Implants. A Literature Review." *Journal of Dentistry* 38(8):612–20.
- Jung, Yi-Ra, Sang-Cheol Kim, Kyung-Hwa Kang, Jin-Hyoung Cho, Eon-Hwa Lee, Na-Young Chang, and Jong-Moon Chae. 2013. "Placement Angle Effects on the Success Rate of Orthodontic Microimplants and Other Factors with Cone-Beam Computed Tomography." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 143(2):173–81.
- Lee, Nam-Ki, and Seung-Hak Baek. 2010. "Effects of the Diameter and Shape of

- Orthodontic Mini-Implants on Microdamage to the Cortical Bone.” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 138(1):8-e1.
- Liu, Te-Chun, Chih-Han Chang, Tung-Yiu Wong, and Jia-Kuang Liu. 2012. “Finite Element Analysis of Miniscrew Implants Used for Orthodontic Anchorage.” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 141(4):468–76.
- Migliorati, M., A. Signori, and A. Silvestrini Biavati. 2012. “Temporary Anchorage Device Stability: An Evaluation of Thread Shape Factor.” *The European Journal of Orthodontics* 34(5):582–86.
- Miyawaki, Shouichi, Isao Koyama, Masahide Inoue, Katsuaki Mishima, Toshio Sugahara, and Teruko Takano-Yamamoto. 2003. “Factors Associated with the Stability of Titanium Screws Placed in the Posterior Region for Orthodontic Anchorage.” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 124(4):373–78. doi: 10.1016/S0889-5406(03)00565-1.
- Moon, Cheol-Hyun, Dong-Gun Lee, Hyun-Sun Lee, Jeong-Soo Im, and Seung-Hak Baek. 2008. “Factors Associated with the Success Rate of Orthodontic Miniscrews Placed in the Upper and Lower Posterior Buccal Region.” *The Angle Orthodontist* 78(1):101–6.
- Morarend, Chad, Fang Qian, Steve D. Marshall, Karin A. Southard, Nicole M. Grosland, Teresa A. Morgan, Michelle McManus, and Thomas E. Southard. 2009. “Effect of Screw Diameter on Orthodontic Skeletal Anchorage.” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics* 136(2):224–29. doi: 10.1016/J.AJODO.2007.07.031.

- Motoyoshi, M., M. Inaba, A. Ono, S. Ueno, and N. Shimizu. 2009. "The Effect of Cortical Bone Thickness on the Stability of Orthodontic Mini-Implants and on the Stress Distribution in Surrounding Bone." *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 38(1):13–18.
- Motoyoshi, Mitsuru, Masayuki Hirabayashi, Miwa Uemura, and Noriyoshi Shimizu. 2006. "Recommended Placement Torque When Tightening an Orthodontic Mini-implant." *Clinical Oral Implants Research* 17(1):109–14.
- Noble, JAMES, Nicholas E. Karaikos, Thomas H. Hassard, Frank J. Hechter, and William A. Wiltshire. 2009. "Stress on Bone from Placement and Removal of Orthodontic Miniscrews at Different Angulations." *J Clin Orthod* 43(5):332–34.
- Okazaki, J., Y. Komasa, D. Sakai, A. Kamada, T. Ikeo, I. Toda, F. Suwa, M. Inoue, and T. Etoh. 2008. "A Torque Removal Study on the Primary Stability of Orthodontic Titanium Screw Mini-Implants in the Cortical Bone of Dog Femurs." *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 37(7):647–50.
- Pickard, Michael B., Paul Dechow, P. Emile Rossouw, and Peter H. Buschang. 2010. "Effects of Miniscrew Orientation on Implant Stability and Resistance to Failure." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 137(1):91–99.
- Quesada-Vargas, Gabriela, Francisco Peralta-Macaya, Marco Vega-Quesada, Francisco García-Araya, and Alonso Arauz-Chavarría. 2015. "Evaluación de La Resistencia a La Tracción de Mini-Implantes de Ortodoncia Colocados En Dos Ángulos Diferentes En Costilla de Res." *Revista Científica Odontológica* 11(1).
- Reynders, Reint, Laura Ronchi, and Shandra Bipat. 2009. "Mini-Implants in Orthodontics: A Systematic Review of the Literature." *American Journal of*

Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 135(5):564-e1.

- Roberts, W. Eugene, Ricky K. Smith, Yerucham Zilberman, Peter G. Mozsary, and Robert S. Smith. 1984. "Osseous Adaptation to Continuous Loading of Rigid Endosseous Implants." *American Journal of Orthodontics* 86(2):95–111.
- Son, Seil, Mitsuru Motoyoshi, Yasuki Uchida, and Noriyoshi Shimizu. 2014. "Comparative Study of the Primary Stability of Self-Drilling and Self-Tapping Orthodontic Miniscrews." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 145(4):480–85.
- Van Staden, R. C., Hong Guan, and Yew-Chaye Loo. 2006. "Application of the Finite Element Method in Dental Implant Research." *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering* 9(4):257–70.
- Suzuki, Eduardo Yugo, and Boonsiva Suzuki. 2011. "Placement and Removal Torque Values of Orthodontic Miniscrew Implants." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 139(5):669–78.
- Tachibana, R., M. Motoyoshi, A. Shinohara, T. Shigeeda, and N. Shimizu. 2012. "Safe Placement Techniques for Self-Drilling Orthodontic Mini-Implants." *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 41(11):1439–44.
- Turley, P. K., C. Kean, J. Schur, J. Stefanac, J. Gray, J. Hennes, and L. C. Poon. 1988. "Orthodontic Force Application to Titanium Endosseous Implants." *The Angle Orthodontist* 58(2):151–62.
- Wawrzinek, Christian, Thorsten Sommer, and Helge Fischer-Brandies. 2008. "Mikrotraumen in Kortikalem Knochen Nach Tiefer Insertion Orthodontischer Mikroschrauben." *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte Der*

Kieferorthopädie 69:121–34.

Wei, Xing, Lixing Zhao, Zhenrui Xu, Tian Tang, and Zhihe Zhao. 2011. “Effects of Cortical Bone Thickness at Different Healing Times on Microscrew Stability.” *Angle Orthodontist* 81(5):760–66. doi: 10.2319/111610-667.1.

Wiechmann, Dirk, Ulrich Meyer, and André Büchter. 2007. “Success Rate of Mini-and Micro-implants Used for Orthodontic Anchorage: A Prospective Clinical Study.” *Clinical Oral Implants Research* 18(2):263–67.

Wilmes, Benedict, Yu-Yu Su, and Dieter Drescher. 2008. “Insertion Angle Impact on Primary Stability of Orthodontic Mini-Implants.” *The Angle Orthodontist* 78(6):1065–70.

Woodall, Niles, Srinivas C. Tadepalli, Fang Qian, Nicole M. Grosland, Steve D. Marshall, and Thomas E. Southard. 2011a. “Effect of Miniscrew Angulation on Anchorage Resistance.” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 139(2):e147–52.

Woodall, Niles, Srinivas C. Tadepalli, Fang Qian, Nicole M. Grosland, Steve D. Marshall, and Thomas E. Southard. 2011b. “Effect of Miniscrew Angulation on Anchorage Resistance.” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 139(2):e147–52.

Zhang, Yang, Dan Zhang, Cuijuan Feng, Peng, Hailong Hu, Toshiyuki Kawakami, Tohru Takagi, and Noriyuki Nagai. 2006. “A Three-Dimensional Finite Element Analysis for the Biomechanical Characteristics of Orthodontic Anchorage Micro-Implant.” *Journal of Hard Tissue Biology* 15(2):69–72.

XII: Anexos

HOJA DE CAPTACIÓN

Universidad Autónoma de Querétaro					
Metodología de la Investigación					
Alumno: Vicente Javier Maza Jumbo					
Resultados Experimentales de Tesis					
Angulación 45° (1mm/1min)					
N°	Drill	Marca	Fuerza	Tiempo	Movimiento
			Newtom	Segundos	Desplazamiento
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Angulación 90° (1mm/1min)					
N°	Drill	Marca	Fuerza	Tiempo	Movimiento
			Newtom	Segundos	Desplazamiento
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					