

Comparación de la Resistencia a la Tracción, Fuerza Máxima y Deformación entre Tres Miniplacas de Titanio Utilizadas para Tracción Ortodóncica, Estudio Piloto

Comparison of Tensile Strength, Maximum Force, and Deformation Among Three Titanium Miniplates Used for Orthodontic Traction: A Pilot Study

Diego Maturana Loyola¹; Valentina Palma Gaete²; Constanza Torres Lefián²; Michelle Cataldo Cares² & Eduardo Álvarez³

MATURANA LOYOLA, D.; PALMA GAETE, V.; TORRES LEFIÁN, C.; CATALDO CARES, M. & ÁLVAREZ, E. Comparación de la resistencia a la tracción, fuerza máxima y deformación entre tres miniplacas de titanio utilizadas para tracción ortodóncica, estudio piloto. *Int. J. Odontostomat.*, 18(3):335-342, 2024.

RESUMEN: Las miniplacas de titanio son un dispositivo de anclaje temporal utilizado en ortodoncia, estas presentan mayor versatilidad y estabilidad frente a otras alternativas. La variedad de miniplacas existentes, hace necesario conocer sus propiedades mecánicas para determinar la mejor alternativa terapéutica y lograr mayores tasas de éxito. El objetivo de este estudio es evaluar la resistencia a la tracción, fuerza máxima y deformación de tres miniplacas comercializadas en Chile y así generar un insumo teórico a la práctica clínica que facilite al profesional la selección del dispositivo a utilizar. Se sometió a prueba de tracción a tres tipos de miniplacas (Bone Plate, Osteomed y Ancorfix) hasta el punto de fractura para determinar y comparar la resistencia a la tracción, fuerza máxima y deformación; posteriormente se realizó el análisis estadístico mediante test de ANOVA y post hoc con corrección de Bonferroni. Al comparar las miniplacas se obtuvieron diferencias significativas en su resistencia a la tracción, fuerza máxima, y deformación. Osteomed presentó los valores más bajos en fuerza máxima y resistencia a la tracción, experimentando además una menor deformación antes de su rotura, mientras que el modelo Bone Plate mostró mayor resistencia a la tracción, y capacidad de deformación antes de la rotura. Existe diferencia estadísticamente significativa entre fuerza máxima, resistencia a la tracción y deformación entre las tres miniplacas evaluadas, sin embargo, todas son compatibles y seguras para su uso en ortodoncia.

PALABRAS CLAVE: miniplaca de ortodoncia, anclaje temporal, dispositivo de anclaje óseo, anclaje esquelético, resistencia a la tracción, deformación, propiedades mecánicas.

INTRODUCCIÓN

El uso de anclaje esquelético ha sido un gran avance en ortodoncia, lo que ha permitido mejorar el control de la mecánica ortodóncica y aumentar la eficiencia de tratamiento, superando al anclaje dentario en cuanto a estabilidad y predictibilidad (Wehrbein & Göllner, 2007).

Las miniplacas de titanio son uno de los dispositivos de anclaje esquelético más comunes y efectivos actualmente, éstas se insertan en el hueso cortical y proporcionan una base rígida para la aplicación de fuerzas, permitiendo mayor control de

la posición dentaria (Wehrbein & Göllner, 2007). Además, presentan ventajas respecto a otros dispositivos como los mini implantes, como mejor estabilidad y versatilidad (Chen *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2018).

Por otra parte, las miniplacas pueden soportar cargas mecánicas mayores y son menos propensas a fallar (Sugawara, 2014). Debido a esto, resulta importante considerar sus propiedades mecánicas para garantizar su eficacia y seguridad en el tratamiento ortodóncico.

¹ Cirujano Dentista, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

² Cirujana Dentista, Pasante Ortodoncia y Ortopedia dentomaxilofacial, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

³ Especialista en Ortodoncia y Ortopedia dentomaxilofacial, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

En el mercado es posible encontrar una gran variedad de miniplacas, pero existen pocos datos comparativos entre las mismas, por lo que la comparación de las propiedades morfofuncionales de éstas, puede ayudar a tomar una correcta decisión respecto al tipo de placa a utilizar en cada caso (Carter, 1992; Loukota & Shelton, 1995).

Miniplacas de titanio: Las miniplacas consisten en un sistema de placa perforada y tornillos de fijación, lo que permite que sea anclada al hueso cortical (Fig. 1). Ambos elementos están constituidos de titanio (Ti) o aleaciones de éste consideradas como titanio comercialmente puro, por lo tanto, son biocompatibles y capaces de generar osteointegración temporal (Janssen *et al.*, 2008). Estas placas tienen un acabado liso y pulido, y contienen en su superficie contaminantes propios de la fabricación, los que participan en la osteointegración, permitiendo así su función de anclaje temporal (Durán *et al.*, 2020).



Fig. 1. Dos miniplacas ancladas a un modelo anatómico mediante tornillos (De Clerck y Swennen., 2011).

Existen en el mercado diversos diseños de miniplacas variando la forma y tamaño de éstas (Fig. 2), sin embargo, todas las miniplacas constan de tres partes: cabeza, brazo y cuerpo. La cabeza se expone a nivel intraoral y viene en la siguiente variedad de formas: circular, de gancho y tubular; la porción del brazo es transgingival o transmucosa y tiende a ser rectangular o redonda; el cuerpo se clasifica en 4 formas básicas: “T”, “L”, “Y” e “I” (rectas) y es la sección

que va fijada a la superficie ósea en el hueso cortical maxilar o mandibular mediante dos o tres microtornillos (Sugawara, 2014).

Las miniplacas usadas para el anclaje en el tratamiento de ortodoncia se pueden posicionar en diferentes ubicaciones anatómicas, tanto en el maxilar como la mandíbula, dependiendo de la necesidad e indicación de anclaje que se requiera para su uso. En cuanto a la cirugía, las miniplacas se adaptan cuidadosamente para que sigan el contorno del hueso cortical subyacente, ya que se debe evitar tener espacio entre el hueso y la miniplaca.



Fig. 2. Miniplaca utilizada como anclaje esquelético en paciente clase II, 2 con sobremordida (Thébault y cols, 2011).

Propiedades mecánicas. Al utilizar las miniplacas como elemento de anclaje esquelético es importante ponderar cuáles son sus complicaciones más comunes, de las asociadas al dispositivo encontramos fracturas y aflojamiento por defecto del diseño; ambas fallas mencionadas se encuentran íntimamente relacionadas a la resistencia a la tracción y a la rigidez de la miniplaca, por lo que, considerar estas características resulta fundamental al momento de seleccionar una miniplaca (Durán *et al.*, 2020).

Conocer las propiedades mecánicas es útil para el diseño y personalización de los dispositivos de anclaje esquelético según cada caso, por esto, es importante considerar el módulo de elasticidad en la práctica clínica para garantizar un tratamiento seguro y eficaz (Zhang *et al.*, 2013).

La influencia de la geometría de las miniplacas en la deformación de estas es un aspecto que también ha sido investigado, observándose que el diseño de la

miniplaca es un factor determinante en el rendimiento de esta, si bien se sugiere que esta información debe ser complementada con estudios mecánicos y clínicos, parece ser que la configuración geométrica es un aspecto clave en el rendimiento de estos dispositivos (Albogha *et al.*, 2018).

De acuerdo con lo expuesto, el estudio de las propiedades de las miniplacas mediante pruebas mecánicas permitirá identificar los límites dimensionales de las miniplacas, reducir los tiempos de adaptación, reducir los gastos de la práctica clínica, como también aumentar la tasa de éxito del tratamiento mediante miniplacas. Por lo tanto, en el presente ensayo se evaluó la resistencia a la tracción como propiedad mecánica, así como la fuerza máxima y de deformación, como variables dependientes de la resistencia a la tracción y del diseño de cada modelo de miniplaca de manera individual.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio piloto de análisis mecánico descriptivo comparativo de 3 tipos de miniplacas (Fig. 3). Se evaluaron 9 miniplacas de cada tipo, con una muestra total de 27 miniplacas comercializadas por casas dentales en Chile: Ancorfix, Osteomed y Bone Plate. Se escogieron diseños en forma de "T" o "Y", ya que son los más utilizados en ortodoncia.

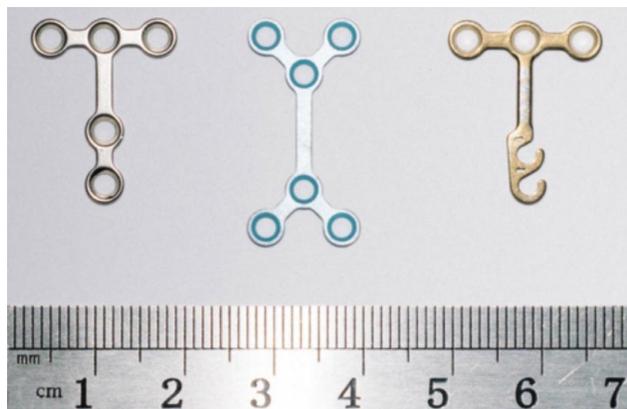


Fig. 3. Miniplacas evaluadas. De izquierda a derecha: Bone Plate, Osteomed y Ancorfix.

Prueba mecánica. Las pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Procesos Mecánicos del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile. Se realizó una prueba de tracción, para lo que se adaptó una máquina Zwick/Roell z100 con un sistema de ensamble mediante pasadores de acero alineados entre sí (Fig. 4)

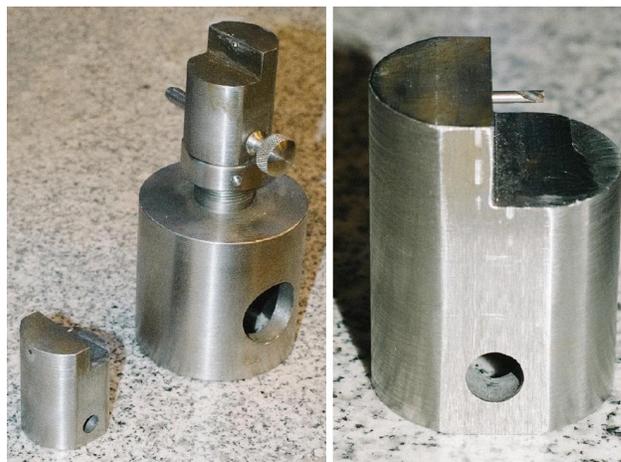


Fig. 4. Mecanismo de fijación, a la izquierda ambas adaptaciones de acero una de ellas insertada en la base de acople. A la derecha, detalle de pasador cilíndrico en una de las adaptaciones

Las miniplacas fueron colocadas entre la fijación superior e inferior (Fig. 5), y mediante tracción se generó deformación elástica y plástica hasta el punto de fractura. Se aplicó una fuerza continua desde 0 N generando una deformación de 1 mm por minuto, siguiendo la norma ASTM International E8M para ensayo de tracción en materiales metálicos, adaptada para el uso de las miniplacas como probeta.



Fig. 5. Miniplaca posicionada para la prueba de tracción. se presenta posición de pasadores y miniplacas en donde el sentido de las fuerzas aplicadas es opuesto entre sí.

Obtención de datos. Para la medición de las variables se utilizaron los resultados de esfuerzo y deformación de cada miniplaca, obtenidos mediante el Software Bluehill Universal. El cálculo del esfuerzo, fuerza y deformación se realizó considerando las dimensiones en particular de cada modelo evaluado.

Análisis estadísticos. Para el registro de datos y confección de gráficos se utilizó el programa Excel (Microsoft Office 365 ProPlus). Los datos obtenidos se analizaron usando el programa estadístico SPSS 18.8® (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). En relación con la resistencia a la tracción, se compararon los diferentes promedios de cada marca. Para el análisis de los resultados se determinó la distribución normal mediante el test de Shapiro-Wilk. Como todas las variables presentaron distribución normal se utilizó el test de ANOVA y Post hoc con corrección de Bonferroni. Para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa se utilizaron valores $p < 0,05$.

RESULTADOS

Fuerza Máxima. Las miniplacas de la marca Osteomed presentaron una fuerza máxima de 460,15 N ($\pm 11,63$). En cuanto a las miniplacas Bone Plate, obtuvieron una fuerza máxima de 815,90 N ($\pm 12,22$). Por último, las miniplacas Ancorfix presentaron una fuerza máxima de 645,62 N ($\pm 45,38$). Los resultados se ven reflejados en la Figura 6.

En el análisis de la fuerza máxima mediante ANOVA, se encontraron diferencias significativas entre los modelos de miniplacas ($F = 364,6143$, $p = 0$). La prueba de Bonferroni reveló que todas las combinaciones de placas tuvieron diferencias significativas entre ellas: Osteomed - Bone Plate ($T = 26,9960$, $p = 0,0003$); Osteomed - Ancorfix ($T = 14,0747$, $p = 0,0003$); y Bone Plate - Ancorfix ($T = 12,9213$, $p = 0,0003$) (Tabla I).

Deformación. La deformación de las miniplacas (Fig. 7) fue medida como porcentaje relativo respecto a la longitud inicial del segmento deformado.

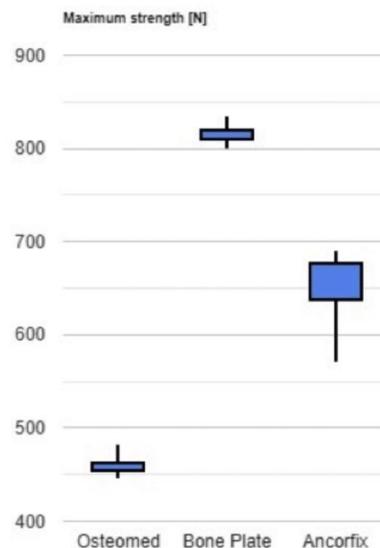


Fig. 6. Comparación de fuerza máxima [N] entre miniplacas Osteomed, Bone Plate y Ancorfix.

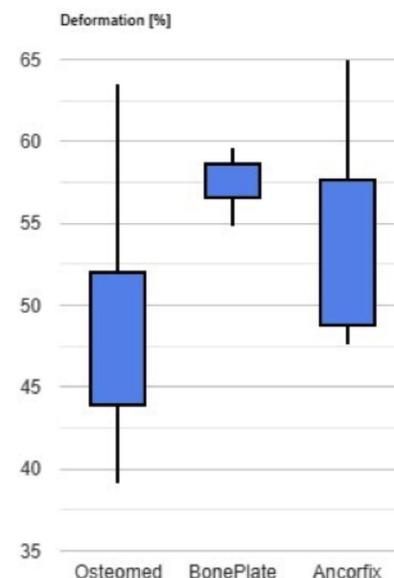


Fig. 7. Secuencia de la deformación hasta la rotura.

Tabla I. Resumen de la comparación de fuerza y deformación.

Parámetro	Osteomed	Bone Plate	Ancorfix	Diferencias Significativas
Fuerza máxima [N]	460,15 ($\pm 11,63$)	815,90 ($\pm 12,22$)	645,62 ($\pm 45,38$)	O - BP ($p = 0,0003$) O - A ($p = 0,0003$) BP - A ($p = 0,0003$)
Deformación [%]	48,48 ($\pm 7,40$)	56,93 ($\pm 2,35$)	55,18 ($\pm 6,16$)	O - BP ($p = 0,0121$)
Resistencia a la tracción [MPa]	1022,55 ($\pm 25,85$)	1165,57 ($\pm 17,46$)	1195,60 ($\pm 84,04$)	OM - BP ($p = 0,00001$) OM - AN ($p = 0,00000$)

Las miniplacas Osteomed presentaron una deformación de 3,15 mm ($\pm 0,48$), equivalente al 48,78 % ($\pm 7,44$) de la longitud inicial del segmento deformado. Por otro lado, las miniplacas Bone Plate mostraron una deformación de 3,70 mm ($\pm 0,15$), equivalente al 56,93 % ($\pm 2,35$) de la longitud inicial. En cuanto a las miniplacas Ancorfix, estas presentaron una deformación al momento de la rotura de 3,60 mm ($\pm 0,40$), equivalente al 55,18 % ($\pm 6,16$) de la longitud inicial. Los resultados se ven reflejados en la Figura 8.

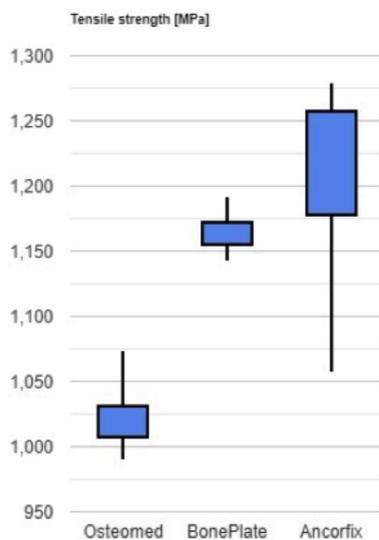


Fig. 8. Comparación de deformación [%] entre miniplacas Osteomed, Bone Plate y Ancorfix.

Con relación a la deformación total al momento de rotura de la miniplaca, todas tuvieron una distribución normal de sus datos, al ser evaluadas en la prueba ANOVA presentaron una diferencia significativa ($F= 5,0216$, $p=0,0151$). Medidas las combinaciones de miniplacas, se obtuvo que entre Osteomed y Bone Plate existía una diferencia significativa ($T = 3.0094$, $p = 0,0121$).

Resistencia a la tracción

En cuanto a la resistencia a la tracción, las miniplacas de la marca Osteomed presentaron valores de 1022,55 MPa ($\pm 25,85$). Las miniplacas Bone Plate tuvieron una resistencia a la tracción de 1165,57 MPa ($\pm 17,46$). Por último, las miniplacas de la marca Ancorfix presentaron una resistencia a la tracción de 1195,60 MPa ($\pm 84,04$). Los resultados se ven reflejados en la Figura 9.

En el análisis de resistencia a la tracción mediante ANOVA, se encontraron diferencias significativas entre los modelos de miniplacas ($F = 28,72544$, $p < 0,00001$). La prueba de Bonferroni reveló diferencias significativas entre algunas miniplacas: Osteomed - Bone Plate ($T = 5,8615$, $p = 0,00001$); Osteomed - Ancorfix ($T = 7,0925$, $p = 0,00000$).

Por tanto, fue posible observar diferencias estadísticamente significativas en las mediciones de fuerza y deformación de todas las miniplacas (Tabla I).

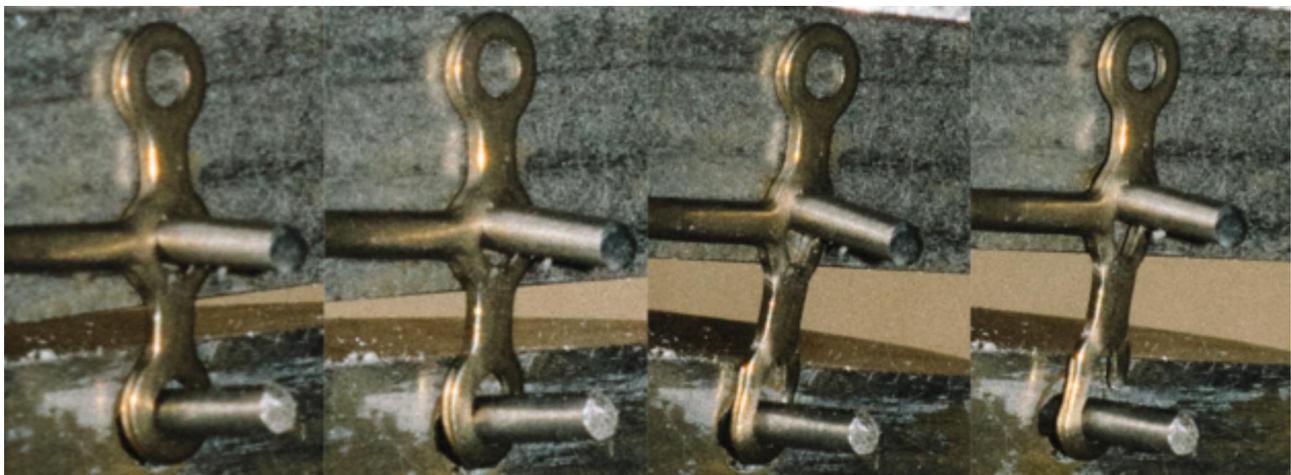


Fig. 9. Comparación de resistencia a la tracción [MPa] entre miniplacas Osteomed, Bone Plate y Ancorfix.

DISCUSIÓN

Análisis de la Deformación. La deformación de las miniplacas está influenciada por varios aspectos. En este estudio, se evaluó la deformación, resistencia a la tracción y fuerza máxima de tracción, lo que implica que los valores son el resultado de la combinación entre las características del material de elaboración y el diseño de cada miniplaca.

Se han realizado estudios comparativos entre miniplacas de titanio de distintas longitudes, en su longitud de fábrica y luego de someterlas a un proceso de equal-channel angular pressing (ECAP). Los resultados destacaron que el rendimiento de las miniplacas dependía de la geometría, longitud inicial y del proceso de ECAP (Asl & Alsaran, 2020).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio, donde se observó una marcada influencia geométrica en la deformación total y se determinó que los segmentos más propensos a sufrir deformación son las regiones cercanas a las perforaciones de fijación.

En consecuencia, podemos identificar dos componentes en la deformación, por un lado, una deformación lineal paralela al vector fuerza y, por otro, una deformación geométrica del arco de la perforación que tiende hacia la secante subyacente a él (Fig. 10)

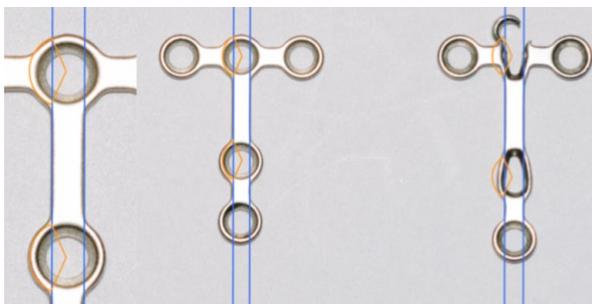


Fig. 10. Perforaciones de miniplacas con diagrama de la secante y arco previo y posterior a la deformación.

Un aspecto geométrico relevante en la deformación de las miniplacas es el bisel presente en las perforaciones de estas. Aquellas con bisel libre mostraron una mayor deformación que las que tenían el bisel fijo. Después de la prueba (Fig. 11), se evidenció que las miniplacas con bisel libre presentaron una deformación en el plano perpendicular al eje de fuerza, generando una angulación en la miniplaca. Esto podría explicar la mayor capacidad de deformación en el eje de tracción en las miniplacas con bisel libre.



Fig. 11. Comparación de deformación del bisel: a la izquierda miniplaca con bisel libre durante la tracción, a la derecha miniplaca con el bisel fijo.

Análisis de Rotura. Existen dos aspectos fundamentales que caracterizan el punto de rotura de las miniplacas: la fuerza máxima asociada a la resistencia a la tracción y la deformación al momento de la rotura.

Las tres miniplacas presentaron diferencias significativas en sus valores de fuerza máxima. Las miniplacas de la marca Osteomed mostraron la menor fuerza máxima, mientras que las Bone Plate presentaron la mayor, por lo tanto, es posible afirmar que Bone Plate presenta mayor tolerancia a la fuerza aplicada sobre ella antes de su rotura.

Las miniplacas se utilizan como dispositivos de anclaje esquelético, por lo que, se deben comparar estos resultados con las fuerzas a las que se enfrentan típicamente en la práctica clínica.

Los dispositivos de expansión maxilar han demostrado resistir fuerzas máximas 166,6 N, sin presentar deformaciones, registrando deformaciones plásticas en torno a los 700 N. Actualmente, dispositivos como MARPE suelen aplicar fuerzas en torno a los 8 N (Vracar *et al.*, 2021).

Se han realizado pruebas ex vivo de protracción maxilar mediante miniplacas, en las que se generaron fuerzas intermaxilares de 2 a 10 N, donde no surgieron problemas (Walter *et al.*, 2023).

En pacientes con mordida abierta, el tratamiento puede implicar el uso de anclaje esquelético, con los que se generan fuerzas intrusivas que alcanzan los 5 N por lado.

Los tres modelos de miniplacas evaluadas presentaron fuerzas de rotura muy superiores a las que enfrentan clínicamente, ya que la miniplaca que soportó menor fuerza (Osteomed) alcanzó una fuerza de rotura de 371,28 N y una fuerza máxima de 460,15 N, en comparación a los 10 N de fuerza de las situaciones clínicas más exigentes según la literatura. Por lo tanto, el momento de mayor exigencia y riesgo de fractura ocurre durante la instalación.

La normativa ISO 5832-3 determina que las aleaciones de titanio deben tener un módulo de Young de 110 y 114 GPa, una resistencia a la tracción (R_m) de 960 y 970 MPa y un límite elástico o proporcional de entre 850 y 900 MPa (Rudawska *et al.*, 2019).

La resistencia a la tracción de las miniplacas evaluadas presentó un valor mayor a la normativa en todas ellas, en particular las miniplacas Osteomed fue un 5,13% mayor, por otro lado, las miniplacas Bone Plate, tuvieron un rendimiento 16,41% superior y en cuanto a las miniplacas Ancorfix la diferencia fue de un 18,67%. Estos resultados indican que las tres miniplacas evaluadas, superaron los requisitos de la normativa ISO en cuanto a la resistencia a la tracción.

Por otro lado, Bone Plate y Ancorfix tuvieron una deformación al momento de fractura similar en valores absolutos y relativos, el resultado de las miniplacas Osteomed fue significativamente menor.

En resumen, el modelo Osteomed fue el que soportó menor fuerza y experimentó una menor deformación antes de su rotura, mientras que el modelo Bone Plate mostró una mayor resistencia a la tracción y rigidez, tolerando una fuerza máxima más alta. El modelo Ancorfix tuvo una capacidad de deformación antes de la rotura similar a la de Bone Plate.

Ancorfix fue quien más deformación tuvo entre fuerza máxima y de rotura, como también quien más varió su fuerza, por lo que es posible catalogarla como la miniplaca que permite un mayor margen de manipulación posterior a alcanzar la fuerza máxima, aunque no se recomienda por el deterioro de sus propiedades mecánicas.

Tanto los resultados de este estudio como los hallazgos en la literatura respaldan que las propiedades mecánicas de las miniplacas de titanio varían significativamente entre diferentes fabricantes y modelos. Estas diferencias en las propiedades pueden tener implicaciones importantes en la elección del modelo o marca, ya que aquellas con mayor rigidez tienden a ofrecer una mayor estabilidad y una menor tasa de fractura en comparación con modelos menos rígidos.

CONCLUSIONES

1. El comportamiento de deformación de las miniplacas está determinado por el diseño y material de fabricación utilizado.

2. Existen diferencias significativas en la fuerza máxima entre las distintas marcas de miniplacas comercializadas en Chile, siendo esta fuerza mayor en BonePlate y menor en Osteomed.
3. Las miniplacas Osteomed presentaron una menor capacidad de deformación en comparación con BonePlate.
4. En cuanto a la resistencia a la tracción Osteomed presentó un valor significativamente menor que el de las otras marcas evaluadas.
5. Todas las miniplacas evaluadas presentan una fuerza máxima y de rotura que permiten su uso seguro en ortodoncia.

MATURANA LOYOLA, D.; PALMA GAETE, V.; TORRES LEFIÁN, C.; CATALDO CARES, M. & ÁLVAREZ, E. Comparison of tensile strength, maximum force, and deformation among three titanium miniplates used for orthodontic traction: A pilot study. *Int. J. Odontostomat.*, 18(3):335-342, 2024.

ABSTRACT: Titanium miniplates are temporary anchorage devices used in orthodontics, offering greater versatility and stability when compared to other alternatives. The variety of available miniplates makes it essential to understand their mechanical properties to determine the best therapeutic option and achieve higher success rates. The aim of this study is to assess the tensile strength, maximum force, and deformation of three commercially available miniplates in Chile, providing theoretical insights for clinical practice to facilitate the professional's selection of the appropriate device for each case. Three types of miniplates (Bone Plate, Osteomed, and Ancorfix) were undergone tensile testing until fracture to determine and compare tensile strength, maximum force, and deformation. Subsequently, statistical analysis was conducted using ANOVA and post hoc tests with Bonferroni correction. Significant differences were observed in tensile strength, maximum force, and deformation when comparing the miniplates. Osteomed exhibited the lowest values in maximum force and experienced less deformation before rupture, whereas the Bone Plate model demonstrated higher tensile strength, tolerating a higher force before fracture. There is a statistically significant difference in maximum force, tensile strength, and deformation among the three evaluated miniplates; however, all are compatible and safe for their use in orthodontics.

KEY WORDS: orthodontic miniplates, temporary anchorage, bone anchorage device, skeletal anchorage, tensile strength, deformation, mechanical properties.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albogha, M. H.; Mori, Y. & Takahashi, I. Three-dimensional titanium miniplates for fixation of subcondylar mandibular fractures: Comparison of five designs using patient-specific finite element analysis. *J. Craniomaxillofac. Surg.*, 46(3):391-7, 2018.
- Asl, H. G. & Alsarani, A. *In vitro* comparison of commercial and ultrafine-grained titanium osteosynthesis miniplates used on mandibular fractures. *Dent. Med. Probl.*, 57(4):351-8, 2020.
- Carter, J. L. B. *Debrett's Book of Surgery*. London, Sterling Publications Ltd., 1992. pp.47-50.
- Chen, Y. J.; Chang, H. H.; Huang, C. Y.; Hung, H. C.; Lai, E. H. H. & Yao, C. C. J. A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clin. Oral Implants Res.*, 18(6):768-75, 2007.
- De Clerck, E. E. B. & Swennen, G. R. J. Success rate of miniplate anchorage for bone anchored maxillary protraction. *Angle Orthod.*, 81(6):1010-3, 2011.
- Durán, F.; Hormazábal, F.; Toledo, X.; Chang, R. H.; González, N. & Sciaraffia, P. A general and updated description of miniplates and miniscrews. dentoalveolar and skeletal effects. *Int. J. Odontostomat.*, 14(1):136-46, 2020.
- Janssen, K. I.; Raghoobar, G. M.; Vissink, A. & Sandham, A. Skeletal anchorage in orthodontics--a review of various systems in animal and human studies. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 23(1):75-88, 2008.
- Loukota, R. A. & Shelton, J. C. Mechanical analysis of maxillofacial miniplates. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 33(3):174-9, 1995.
- Rudawska, A.; Zaleski, K.; Miturska, I. & Skoczylas, A. Effect of the application of different surface treatment methods on the strength of titanium alloy sheet adhesive lap joints. *Materials (Basel)*, 12(24):4173, 2019.
- Silva, E.; Meloti, F.; Pinho, S.; Cardoso, M. A. & Consolaro, A. Biomecânica com miniplacas. *Rev. Clin. Ortod. Dental Press*, 17(3):17-34, 2018.
- Sugawara, J. Temporary skeletal anchorage devices: The case for miniplates. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 145(5):559-65, 2014.
- Thébaud, B.; Bédhet, N.; Béghel, M. & Elamrani, K. The benefits of using anchorage miniplates. Are they compatible with everyday orthodontic practice? *Int. Orthod.*, 9(4):353-87, 2011.
- Vracar, T. R.; Claro, W.; Vracar 2nd, M. E.; Jenkins, R. S.; Bland, L. & Dayeh, A. A. Sutural deformation during bone-anchored maxillary protraction. *J. Oral Biol. Craniofac. Res.*, 11(3):447-50, 2021.
- Walter, A.; de la Iglesia, F.; Winsauer, H.; Ploder, O.; Wendl, B. & Puigdollers Perez, A. Evaluation of expansion forces of five pure bone-borne maxillary expander designs anchored with orthodontic mini-implants: An *in vitro* study. *J. Orthod.*, 50(4):335-43, 2023.
- Wehrbein, H. & Göllner, P. Skeletal anchorage in orthodontics--basics and clinical application. *J. Orofac. Orthop.*, 68(6):443-61, 2007.
- Zhang, Y.; Wang, J.; Wang, P.; Fan, X.; Li, X.; Fu, J.; Li, S.; Fan, H. & Guo, Z. Low elastic modulus contributes to the osteointegration of titanium alloy plug. *J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater.*, 101(4):584-90, 2013.

Dirección para Correspondencia

Michelle Cataldo Cares

Cirujana Dentista

Pasante Especialidad de Ortodoncia y Ortopedia dentomaxilofacial

Universidad de Chile

Santiago

CHILE

Email: ocataldoc@udd.cl