



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
(DEPEI).

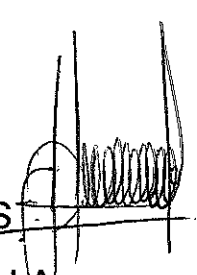
TRABAJO TERMINAL

“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL ESTIRAMIENTO EN RESORTES CLOSED COIL SENTALLOY DE 150 GR DE LA MARCA GAC A DIFERENTES LONGITUDES”

C.D. ALEJANDRA ARREDONDO GALICIA

RESIDENTE DE TERCER AÑO DEL DEPARTAMENTO DE
ORTODONCIA

- CELULAR: 5518097525
- CORREO ELECTRÓNICO: ale_arredondo1@hotmail.com
- TITULACIÓN: TRABAJO TERMINAL Y RÉPLICA ORAL
- NUMERO CVU: 1015917
- GENERACIÓN 2016-2019

TUTOR: ESP. FRANCISCO JAVIER LAMADRID CONTRERAS 
PROFESOR DEL DEPARTAMENTO DE ORTODONCIA DE LA
DEPEI, UNAM

ASESORA: DRA. ARCELIA FELICITAS MELÉNDEZ OCAMPO.

PROFESORA DEL DEPARTAMENTO DE PREVENTIVA Y SALUD
PÚBLICA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA. UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, 2019

Evaluación de la resistencia al estiramiento en resortes closed coil Sentalloy de 150 gr de la marca GAC a diferentes longitudes

Arredondo A¹, Lamadrid F², Meléndez A³

¹Residente 3º año Ortodoncia. DEPeI. UNAM, ²Profesor Ortodoncia DEPeI. UNAM, ³Profesor Metodología Investigación. DEPeI. UNAM

Resumen

Objetivo: Determinar la resistencia al estiramiento en resortes closed coil Sentalloy de la marca GAC de 150 gr a diferentes longitudes.

Material y métodos: Se midió la fuerza ejercida al estiramiento de 30 closed coil Sentalloy de 150 gr de fuerza, a 3,6,9 mm de longitud. Las mediciones se realizaron en la maquina INSTRON modelo 5567, todo bajo una temperatura de 37°C. Los datos fueron analizados mediante la prueba t (Student) a una significancia $p=.05$

Resultados: La distribución promedio a los 3mm fue de 122.2 gr de fuerza con una $DE\pm 45$, el promedio a los 6 mm fue de 193.4 gr presentando una $DE\pm 64.8$ y a los 9mm un promedio de 240.7gr de fuerza con una $DE\pm 49.3$

Conclusiones: Existen diferencias estadísticamente significativas en las fuerzas ejercidas al estiramiento por los resortes closed coil Sentalloy de la marca GAC. Resultando a mayor longitud mayor fuerza ejercida.

Abstract

Objective: Determine the tensile strength in closed coil Sentalloy springs of the GAC brand of 150 gr at different lengths.

Material and methods: The force exerted on stretching of 30 closed coil Sentalloy of 150 gr of force, at 3.6.9 mm in length, was measured. The measurements were made on the INSTRON model 5567 machine, all under a temperature of 37 ° C. The data were analyzed using the t (Student) test at a significance of $p = .05$

Results: The average distribution at 3mm was 122.2 gr of force with a $DE \pm 45$, the average at 6 mm was 193.4 gr presenting a $DE \pm 64.8$ and at 9mm an average of 240.7gr of force was observed with a $DE \pm 49.3$

Conclusion: There are statistically significant differences in the forces exerted on stretching by the closed coil Sentalloy springs of the GAC brand. The greater the length, the greater the force exerted.

Palabras clave: Resistencia al estiramiento, resortes closed coil Sentalloy, GAC, 150 gr fuerza.

Keywords: Stretch resistance, closed coil Sentalloy, GAC, 150 grams stretch

Introducción

A principios de los años 60's Buehler realizó investigaciones acerca de nuevos materiales para la fabricación de misiles, hasta encontrar una nueva aleación con la propiedad de memoria de forma, lo cual la puso en la fama en muy poco tiempo, llamándola NITINOL: Ni= Níquel 55%, Ti= Titanio 45%, NoI= (Naval Ordnance Laboratory). La desventaja observada en ese momento fue el alto costo por lo que no fue ocupado tanto como era de esperarse en ese momento. Wang continuó las investigaciones comprendiendo así el funcionamiento microscópico de los cristales de esta aleación, lo que proporciono un éxito comercial. La principal característica se basa en la capacidad de poder deformarse pero al aplicarse una fuente de calor esta regresara a su forma original sin ninguna deformación definitiva.^{1,2}

Los términos "tiempos de tratamiento más cortos", "menos molestias para el paciente" (fuerzas ligeras) y "menos cambios de arcos" Andreasen fue el primero en utilizarlos, llamándolo alambre de memoria. Con una composición de níquel 50% y titanio 50%, El primer alambre comercialmente disponible era 50: 50% de níquel.

La primera aleación superelástico de níquel titanio (SENTALLOY) se construyó en 1982 por Miura, llevándose a cabo una investigación conjunta sobre un nuevo alambre superelástico de aleación níquel titanio el cual genera fuerzas óptimas y saludables para el movimiento dental.³ El alambre fue introducido al inicio solo en arcos redondos, continuo con la elaboración de alambres cuadros los cuales tenían que ser pulido por largo tiempo, para posteriormente fabricar los

diferentes calibres mediante el laminado en frío.

GAC introduce los primeros resortes abiertos y cerrados superelástico. GAC Sentalloy Coil Springs, son los primeros superelástico con una fuerza suave y continua. Todo lo necesarios para completar los objetivos de los resortes Sentalloy es el calor normal del cuerpo, que activa la Reacción Martensítica.^{1,2}

Aleaciones con memoria de forma (SMA)

Se ha sugerido que una fuerza excesiva en el cierre de espacios pueden producir diverso efectos adversos como la pérdida de anclaje, el control rotacional de los molares superiores con la caída de las cúspides palatinas, por lo que la fuerza constante y ligera es la más adecuada y eficaz para un mejor resultado en el tratamiento.

Originalmente los resortes estaban hechos de aleaciones como el acero inoxidable, aleaciones de níquel, cromo y cobalto. Posteriormente las nuevas aleaciones de níquel titanio super elásticas han revolucionado el mercado produciendo una nueva generación resortes de Sentalloy, que son aleaciones con memoria de forma y que permiten menos cambios de materiales debido a que no se deforman, las fuerzas que ejercen son continuas y ligeras, se necesitan menos visitas al consultorio para el paciente, mayor comodidad y resultados superiores en el tiempo de tratamiento.

Las aleaciones con memoria de forma (SMA), dentro de las cuales se encuentran las aleaciones de níquel-titanio súper elásticas, son aleaciones metálicas que

presentan varias propiedades mecánicas que sufren un cambio en su estructura cristalina al momento de colocar mayor o menor temperatura mismas que están directamente correlacionadas con las transiciones de fase martensítica (flexible/baja temperatura) y austenítica (rígida/alta temperatura) este cambio de fases es lo que le concede las propiedades que lo caracterizan.^{4,5} En este sentido, se ha comprobado que la superelasticidad se traduce en la capacidad de una aleación presentar valores de tensión constantes en un amplio rango, evidencia la capacidad que tiene un resorte de níquel-titanio superelástico de ser estirado a una corta o larga distancia siempre manteniendo la misma fuerza aproximadamente. La memoria de forma hace referencia a la capacidad que tiene una aleación de regresar a su forma original (fase austenítica) después de ser deformada (fase martensítica). Estas transiciones de fase pueden ser debido a un cambio de temperatura.^{4,5}

Fases de transformación de las aleaciones níquel titanio

La fase austenítica tiene una estructura cúbica centrada en el cuerpo y ordenada que ocurre a alta temperatura. En esta fase, la aleación es más rígida. Cuando la aleación es enfriada a través del rango de transformación por temperatura, ocurren cambios grandes en el límite elástico, rigidez y resistencia eléctrica. El cambio que se presenta en la estructura cristalina, conocido como transformación martensítica, tiene como consecuencia un cambio en las propiedades físicas de la aleación.^{6,8} La fase martensítica presenta una estructura hexagonal, monoclinica o triclinica desordenada que ocurre a baja temperatura y alto esfuerzo. En la transformación no se observan cambios macroscópicos, excepto si se aplica una fuerza externa debido a que la aleación es más dúctil en la fase martensítica. En este

estado, la aleación es muy difícil de deformar mediante la aplicación de tensiones, y al eliminar la carga, la deformación persiste lo cual le da la apariencia de una deformación plástica.

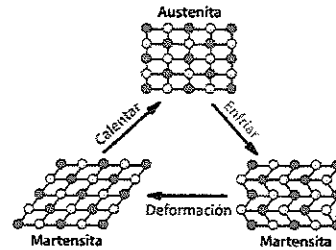


Fig. 1 Fases martensítica y austenítica Fuente3

Estas transiciones de fase pueden ocurrir solo a través de cambios en la temperatura. Este efecto está asociado con una transformación austenita-martensita reversible que ocurre rápidamente debido a un emparejamiento cristalográfico a nivel atómico.^{6,9}

En la fase austenítica el material es capaz de "memorizar" la forma, pero cuando se disminuye la temperatura, se continúa con la fase martensítica, en la cual es más flexible y fácil de manipular, ocurren cambios grandes en el límite elástico, rigidez y resistencia eléctrica.^{6, 7,10}

Closed coil Sentalloy GAC

Existen básicamente dos tipos de resortes para el tratamiento:

- Closed coil que son utilizados para cerrar espacios

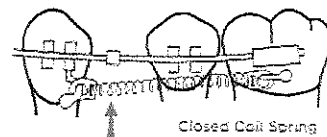


Fig. 4 Closed coil.⁸

- Open coil que al ser comprimidos pueden separar dos objetos

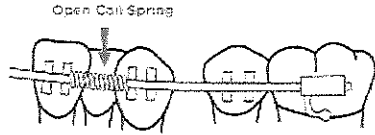


Fig. 5 Open coil.⁸

Dentro de los resortes closed coil sentalloy existen dos tipos de presentaciones

- Dos ojales: La longitud total del resorte son 9 mm de los cuales solo 3 mm son correspondientes a la parte activa mientras que el resto pertenece a los ojales que se encuentran en los extremos. Se presentan diferentes gramajes codificados en varios colores.
- Un ojal y ligadura: Este resorte presenta en un extremo un ojal y en el otro extremo un fragmento de ligadura, su parte activa es de 3 mm. Se presentan diferentes gramajes codificados en varios colores.⁸

Respuesta a fuerzas intensas

La respuesta a una fuerza mantenida sobre los dientes dependerá de la magnitud de la misma; las fuerzas intensas dan lugar a la aparición rápida de dolor, a la necrosis de los elementos celulares del LPD y al fenómeno de la reabsorción basal del hueso alveolar cercano al diente afectado. Las fuerzas de menor intensidad son compatibles con la supervivencia de las células del LPD y con una remodelación del alveolo dental mediante una reabsorción frontal relativamente indolora. En la práctica ortodóncica, lo que se pretende es conseguir el mayor movimiento dental posible mediante reabsorción frontal, aceptando que es probable que se produzcan algunas zonas de necrosis del LPD y de reabsorción basal, a pesar de nuestros esfuerzos. Cuando una fuerza es bastante intensa ocluye totalmente los vasos sanguíneos y corta el suministro de sangre a una zona del LPD. Una vez que esto pasa las células

de la zona comprimida se convierten en osteoclastos produciendo una necrosis o hialinización aséptica. Se disminuyen la cantidad de células de regiones adyacentes las cuales deberían de remodelar el hueso de dicha zona. Después de unos días, algunas células comienzan a llegar de las zonas cercanas y dado que el ataque se efectúa desde la parte aparecen osteoclastos en los espacios adyacentes de medula ósea que empiezan a atacar la base ósea inmediatamente adyacente a la zona necrosada del ligamento. A este proceso se le conoce como reabsorción basal. Cuando se producen la hialinización y la reabsorción basal, se retrasa inevitablemente el movimiento dental. Esto se debe en primer lugar a una demora en el estímulo para la diferenciación de las células en los espacios medulares, y en segundo lugar a que hay que eliminar un considerable espesor de hueso de la parte inferior antes de que el diente pueda moverse.¹⁶

Material y métodos

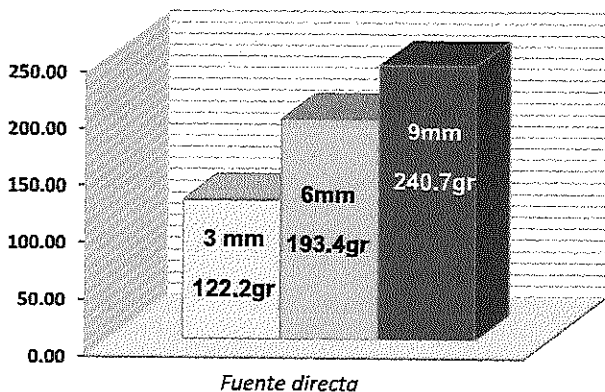
El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Materiales Dentales perteneciente a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología UNAM. Se midió la fuerza a la tracción de 30 resortes closed coil Sentalloy de la marca GAC, pertenecientes al lote. Los cuales tienen una medida en total de 9 mm, constando de una parte activa (3mm de longitud) y dos ojales a sus extremos, estos resortes cuentan con una fuerza de 150 gr y un diámetro de 1.45mm cada uno, la selección de la dicha muestra se efectuó por criterio. Las mediciones se realizaron con la maquina INSTRON modelo 5567, colocando dos ansas de alambre de acero calibre 36 para sujetar ambos extremos de los resortes, todo esto se llevó a cabo a una temperatura de 37°C, regulada por un termómetro. Los 30

resortes se midieron a las mismas distancias, la primera medición se realizó a 3mm de estiramiento, la segunda medición se hizo a 6 mm y la última medición se llevó a cabo a 9 mm de estiramiento. Todos estos con una velocidad de cruceta de 5 mm/min. La información generada en el análisis de los resortes closed coil Sentalloy se capturo en el programa Excel para posteriormente trasladarse al programa SSPS y realizar cruce de variables; la información se presenta en términos de promedio, DE y proporciones, y para determinar si existen diferencias significativas de resistencia al estiramiento en las muestras de estudio se aplicó la prueba t (Student) a una significancia $p=0.05$ y Bonferroni para

Resultados

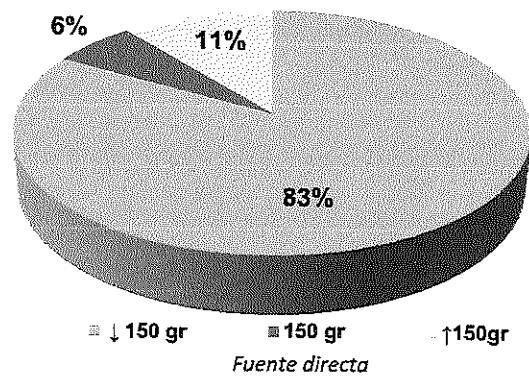
Los resultados derivados de la evaluación de la fuerza al estiramiento de los resortes closed coil Sentalloy evidenciaron diferentes promedios: a los 3 mm el promedio fue de 122.2 gr de fuerza y para 6 mm fue de 193.4 gr. La diferencia establecida entre estas dos medidas es de 71.2 gr. Respecto a la comparación a 6 y 9 mm se observó que el promedio de 9mm es de 240.7gr, la diferencia en comparación con la medida de 6 mm es de 47.3 gr. (Gráfica 1)

Gráfica 1. Distribución promedio de fuerza al estiramiento de resortes closed coil Sentalloy



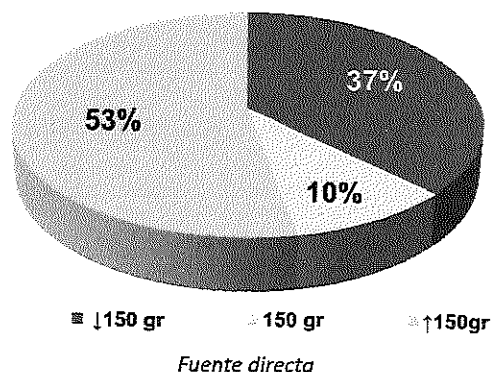
La distribución porcentual de la fuerza al estiramiento de los resortes closed coil a 3 mm demostró que el 83% de las muestras se encontraron por debajo de la fuerza estándar (150 gr), mientras que el 11 % se mantuvieron por arriba de la norma y el 6% representa las muestras en el gramaje adecuado. (Gráfica 2)

Gráfica 2. Distribución porcentual de muestras a 3mm que están fuera y dentro del parametro de la norma



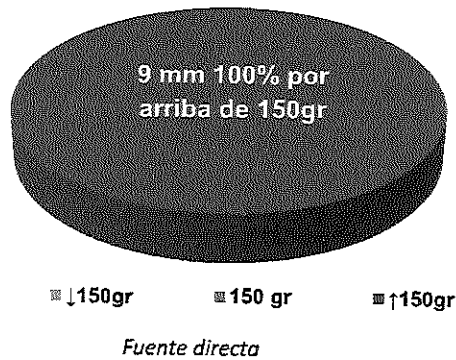
A los 6 mm se observa una distribución porcentual de fuerza de estiramiento: la mayor proporción correspondió a valores por arriba de 150 gr. A 6 mm se observó que el 37% de los resortes se encontraron por debajo de la norma, por otro lado el 53% presento valores por encima del estándar, en consecuencia solo el 10% de la muestra se colocó en valores correctos. (Gráfica 3)

Gráfica 3. Distribución porcentual de muestras a 6mm que están fuera y dentro del parametro de la norma



A 9mm, el 100 de la muestra alcanzó valores por arriba de 150 gr.

Gráfica 4. Distribución porcentual de muestras a 9mm que están fuera y dentro del parametro de la norma



Para determinar si la diferencia de promedios de fuerza al estiramiento de los resortes a 3, 6 y 9mm son significativos se aplicó ANOVA.

Los resultados demostraron que las diferencias de promedios si son estadísticamente significativas. (Tabla 1)

Tabla 1 Distribución promedio de la fuerza al estiramiento a diferentes longitudes. DEPel. FO. UNAM. 2019.			
	3mm	6mm	9mm
Promedio	122.2	193.4	240.7
DE±	45.0	64.8	49.3
ANOVA p= .000 (Fuente directa)			

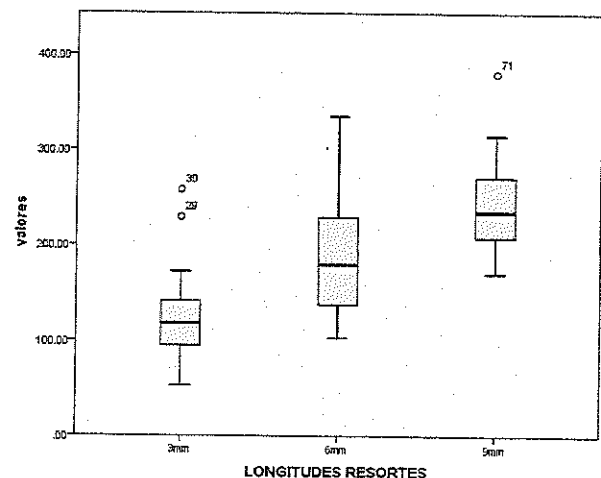
Con este resultado rechazamos el supuesto de nulidad y para controlar el nivel de confianza simultáneo para un conjunto completo de intervalos de

confianza se aplicó prueba Bonferroni, los resultados fueron significativos en comparaciones múltiples, se comprueba que existen diferencias significativamente estadísticas de promedios y que entre los 3 grupos no existe similitud alguna.(Tabla 2)

Tabla 2 comparaciones múltiples a diferentes longitudes. DEPel. FO. UNAM. 2019.				
Longit.	vs	p	Interv. Confianza al 95%	
3mm	6mm	.000	-105.08	-37.34
	9mm	.000	-152.41	-84.67
6mm	3mm	.000	37.34	105.08
	9mm	.000	-81.19	-13.46
9mm	3mm	.000	84.67	152.41
	6mm	.000	13.46	81.19

*. La diferencia de medias es significativa al nivel .05

Gráfica 5. Comparaciones promedio múltiples. DEPel. FO. UNAM. 2019.



Fuente directa

Discusión

En el presente estudio se observó que la fuerza al estiramiento en los closed coil Sentalloy 150 gr de la marca GAC tuvieron grandes rangos de diferencias, ya que las fuerzas al estirar los resortes a 3, 6 y 9 mm sobrepasaron la fuerza establecida por el fabricante, lo cual no coincide con Maganzini⁴ quien menciona que los resortes a pesar de tener un cambio de fuerza solo de 17 gr no se puede tomar como un resultado significativo.

Wichelhaus¹³ demuestra que los resortes closed coil presentan una fuerza muy constante, sin embargo da como recomendación prestar atención no solo a la selección del producto, sino a la cantidad correcta de activación

Cox¹¹ muestra hallazgos en concordancia con este estudio reportando que el nivel de fuerza ejercida de los resortes closed coil de 150 gr, fueron superiores algunos de los resortes alcanzando 300 gr al momento del estiramiento, por lo cual no exhiben una fuerza constante del gramaje informado así por el fabricante. Existe una diversidad significativa en los niveles de fuerza suministrados por los resortes closed coil GAC Sentalloy de 150 gr, incluso entre los resortes con el mismo número de lote.

Bezrouk¹⁷ demostró que los resortes closed coil GAC presentaron un gran problema de histéresis que provoca una sobrecarga persistente (causada por la ingestión de alimentos calientes) que puede ser de hasta 37% o más del valor de fuerza de resorte declarado, lo cual puede provocar efectos adversos como ciertos daños al periodonto, hueso alveolar o raíces, ya que no es posible mantener las fuerzas constantes de trabajo durante el tiempo de tratamiento. Esto se reduce a un

factor negativo de acuerdo a nuestro estudio.

En el presente estudio se demostró que si existen diferencias pero hasta el momento con la literatura consultada y haciendo una búsqueda exhaustiva no hay con quien discutir a mayor profundidad este tema.

Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Existen diferencias estadísticamente significativas en las fuerzas ejercidas al estiramiento por los resortes closed coil Sentalloy de la marca GAC. Resultando a mayor longitud mayor fuerza ejercida.
- Al ser estirados a 6 y 9 mm sobrepasan por completo el gramaje descrito por el fabricante por lo que se debe considerar evaluar el uso de otro resorte de fuerza menor o inclusive de otra marca. Esto nos ayudaría a poder evitar cualquier daño o retraso en el tratamiento, utilizando las fuerzas necesarias en cada tipo de movimiento que requerimos.
- Es importante tener en cuenta que las necesidades de fuerza las conoce el ortodoncista, por lo cual no debe guiarse en lo dicho por un fabricante.
- Se pueden abrir varias líneas de investigación tomando en cuenta la pérdida de fuerza a lo largo del tratamiento.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Jorge Guerrero Ibarra por su apoyo en el laboratorio de materiales dentales.

Referencias

1. Miura, F., Mogi, M., Ohura, Y., & Karibe, M. The super-elastic Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics part III. Studies on the Japanese NiTi alloy coil springs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1988; 94(2), 89–96.
2. Miura, F., Mogi, M., Ohura, Y., & Hamanaka, H. The super-elastic property of the Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 1986; 90(1), 1–10.
3. Teramoto Ohara A. The inside History of Superelasticity. 1st ed. GAC International Books; 2005.
4. Anthony Louis Maganzini, Alan M. Wong, and Mairaj K. Ahmed. Forces of Various Nickel Titanium Closed Coil Springs. *The Angle Orthodontist*: January 2010; 80 (1), 182-187.
5. Vieira CIV, Reis JMSN, Vaz LG, Martins LP, Martins RP. Deformation of nickel-titanium closed coil springs: an in vitro study. *Dental Press J Orthod.* 2017 Jan-Feb;22(1):38-46.
6. Arango-Santander S, Ramírez-Vega C. Titanio: aspectos del material para uso en ortodoncia. *Rev Nac Odontol.* 2016; 12(23):63-71.
7. Teramoto Ohara Alberto. Importancia clínica del punto austenítico final en la selección de las aleaciones de níquel-titanio para su aplicación en arcos utilizados en Ortodoncia. *Rev. Odont. Mex* 2016; 20(3): 166-173.
8. Sentalloy coil springs. Super-elastic, consistent forces, Dentsply GAC Int; 2016.
9. Fernandes, D. J., Peres, R. V., Mendes, A. M., & Elias, C. N. (2011). Understanding the shape-memory alloys used in orthodontics. *ISRN dentistry*; 2011.
10. Ferreira, Marcelo do Amaral, Luersen, Marco Antônio, & Borges, Paulo César. Nickel-titanium alloys: a systematic review. *Dental Press Journal of Orthodontics* 2012; 17(3), 71-82.
11. Cox C., Nguyen T., Koroluk L., & Ko C.-C. In Vivo Force Decay of Niti Closed Coil Springs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2014; 145(4), 505–513.
12. Brauchli LM Senn C, Ball J, Wichelhaus A, Force levels of 23 nickel-titanium open coil springs in compression testing, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* May 2011; 139(5):601-605.
13. Wichelhaus, A., Brauchli, L., Ball, J., & Mertmann, M. (2010). Mechanical behavior and clinical application of nickel-titanium closed-coil springs under different stress levels and mechanical loading cycles. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2010; 137(5), 671–678
14. Vieira, C. I. V., Caldas, S. G. F. R., Martins, L. P., & Martins, R. P. Superelasticity and force plateau of nickel-titanium springs: an in vitro study. *Dental Press Journal of Orthodontics* 2016, 21(3), 46–55.
15. Alavi, S., & Haerian, A. The effects of aging process and preactivation on mechanical properties of nickel-titanium closed coil springs. *Dental*

Research Journal 2015, 12(3), 231–234.

16. Proffit, W. Ortodoncia Contemporanea, Ed Mosby; 2009.
17. Bezrouk, A., Balsky, L., Smutny, M., Selke Krulichova, I., Zahora, J., Hanus, J., & Meling, T. R. Thermomechanical properties of nickel-titanium closed-coil springs and their implications for clinical practice. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2014; 146(3), 319–327