

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA FUERZA EN RESORTES HELICOIDALES DE ESPIRAS ABIERTAS EN ALEACIONES DE NÍQUEL-TITANIO SOMETIDOS A PRESIÓN Y TEMPERATURA CONSTANTE EN DIFERENTES PERIODOS DE TIEMPO

Autores: Santiago Paúl del Valle Lovato¹ - Johnny Bedoya Cabezas²

Recibido: 20/02/2015

Aprobado: 05/05/2015

Pág. 93-98

RESUMEN

Para obtener movimientos dentales ortodóncicos óptimos, las fuerzas a ejercer con las distintas aparatologías, procurarán ser lo más fisiológicas posibles, por lo que dispositivos como los resortes helicoidales de espiras abiertas deberán ser capaces de ejercer fuerzas ligeras y continuas con el fin de obtener un movimiento dental noble y sin repercusión nociva para los tejidos.

El propósito de esta investigación fue valorar el nivel de degradación de fuerza que sufren los resortes de espiras abiertas en aleaciones de níquel-titanio en diferentes manufacturas (GAC, 3M Unitek, ADITEK, ORMCO) sometidos en un medio salival bajo presión y temperatura constante durante un periodo total de 28 días. Se utilizaron 120 resortes correspondientes a 30 por cada una de las cuatro marcas. Cada resorte fue recortado a una longitud de 10 mm y se procedió a registrar su fuerza inicial mediante un dinamómetro al ser comprimidos a la mitad de su longitud original (5 mm). Posteriormente todos los resortes fueron comprimidos a la mitad de su longitud y sumergidos bajo un ambiente de saliva artificial a una temperatura de 37°C, para posteriormente ser valorados nuevamente bajo los mismos parámetros luego de 24 hs, 3 días, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días desde su valoración inicial.

El grupo con mayor pérdida de fuerza entre el valor inicial y el valor final luego del periodo de evaluación fue GAC con un total porcentual del 25,3% de pérdida, mientras que ADITEK fue el grupo que menor fuerza perdió con un total del 9,9%. Sin embargo los resortes que mayor fuerza generaron al final del periodo de evaluación fueron 3M Unitek y ORMCO con una fuerza de 137,7 gr-f y 128,8 gr-f respectivamente, en contraste con la menor fuerza que se generó con GAC y ADITEK con 119 gr-f y 113,6 gr-f respectivamente.

De manera concluyente todos los grupos de resortes evaluados en un total de 7 periodos de tiempo presentaron una degradación en su fuerza, siendo esta significativa a partir del día 7 hasta el periodo final de su evaluación.

Palabras clave: resorte de espiras abiertas, níquel-titanio, degradación de fuerza, aleación.

¹ Especialidad de Ortodoncia, Instituto de Investigación y Posgrado, Facultad de Odontología, Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador (santiagodv83@hotmail.com)

² Especialidad de Ortodoncia, Instituto de Investigación y Posgrado, Facultad de Odontología, Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador (johnnybedoya@uio.satnet.net)

ABSTRACT

In order to obtain optimal orthodontic teeth, the forces applied with the different devices seek to be the physiological for which devices such as open coil spring must be able to apply light and continuous force in order to attain a noble teeth movement without any harm to the tissue.

The purpose of this investigation was to appraise the force levels applied by nickel-titanium alloy open coil spring of different brands (GAC, 3M Unitek, ADITEK, ORMCO) after being subjected to an artificial salivary environment under constant pressure and temperature during a period of 28 days. We used 120 springs, 30 of each of the 4 brands. Each spring was cut at 10mm and their initial force was recorder with a dynamometer and they were compressed to half their original length (5mm). Later the spring were compressed to half their length and submerged in an artificial salivary environment at temperature of 37°C, for the further analysis under the same parameters after 24hs, 3 day, 7 days, 14 days, 21 days and 28 days since the initial evaluation.

The group with the largest loss of strength between the initial and final value after the evaluation period was GAC with a total percentage of 25.3% loss, while ADITEK was the group that lost less strength with a total of 9.9%.

All groups of evaluated springs conclusively evaluated in a total of 7 periods showed a loss of strength and became significant from day 7 to the final evaluation period.

Keywords: open coil springs, nickel-titanium, force degradation, alloy.

INTRODUCCIÓN

Los primeros resortes fueron fabricados en oro a comienzos de la década de los treinta siendo posteriormente reemplazados por aleaciones de acero inoxidable, para finalmente ser fabricados en aleaciones de níquel-titanio, siendo este último uno de los más usados actualmente en nuestra práctica clínica.

Muchos factores afectan los diferentes valores de fuerza producidos por los resortes, esto incluye: su calibre, aleación, diámetro del espiral, longitud, condiciones de fabricación, etc. [3] Sumados a factores inherentes del ambiente bucal como el pH de la saliva, fluctuaciones en

la temperatura oral, enzimas salivales, la propia acción masticatoria, etc. Pudiendo todos ellos influir de manera importante en su comportamiento.

Aunque los actuales conocimientos sobre las varias propiedades del resorte de espiras abiertas han sido documentados y útiles, la información sobre su fuerza de degradación a través del tiempo es todavía carente. Por lo que constituye una fuente importante de información conocer detalladamente las prestaciones que el material nos puede brindar en cuanto al comportamiento de su fuerza y así evaluar de manera adecuada su aplicación y uso clínico.

MATERIALES Y MÉTODOS

120 resortes de espiras abiertas de 0.010"x0.030" de calibre en aleaciones de níquel-titanio fueron valorados, correspondiendo a 30 resortes de cada una de las 4 manufacturas (GAC, 3M Unitek, Aditek, ORMCO).

Los resortes fueron recortados a 10 mm de longitud (Fig.1), posteriormente colocados en vástagos individuales de acero inoxidable para registrar su fuerza inicial mediante el uso de un dinamómetro (Fig. 2) una vez comprimidos a la mitad de su longitud original (5 mm), todo esto, previo a ser sometidos a un ambiente de saliva artificial bajo presión y temperatura constantes (37°C).

Posteriormente todos los resortes fueron colocados en sus vástagos de acero y comprimidos a la mitad de su longitud mediante dos planchas acrílicas (Fig. 3) para posteriormente ser sometidos a un medio salival artificial a 37°C. (Fig. 4).

Los resortes fueron valorados nuevamente bajo los mismos parámetros, registrándose su fuerza a las 24 hs, 1 día, 3 días, 7 días, 14 días, 21 días y 28 días, desde su medición inicial, siendo analizados en un total de siete periodos de tiempo a lo largo de veintiocho días de estudio.

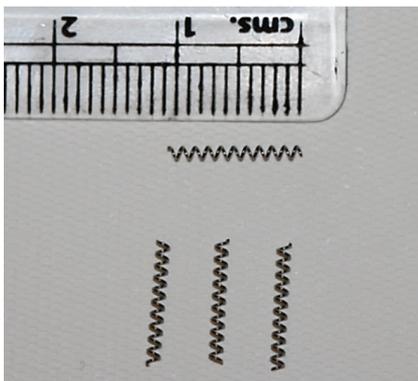


Figura 1. Resortes de espiras abiertas Ni-Ti calibre 0.010"x0.030" con longitudes de 10 mm.



Figura 2. Registro de la fuerza ejercida por parte del resorte mediante un dinamómetro.

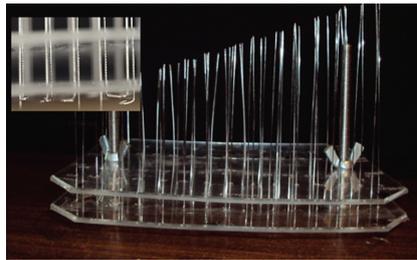


Figura 3. Planchas de compresión acrílicas para los resortes de espiras abiertas.



Figura 4. Almacenamiento de los resortes en diferentes intervalos de tiempo bajo saliva artificial a 37°C.

RESULTADOS

Los datos obtenidos mediante observación y medición directa de cada uno de los resortes y en diferentes tiempos de valoración, agrupados por tipo de material se organizaron en una base de datos en el paquete estadístico SPSS 22.

La prueba de Friedman, al considerar cada grupo en forma independiente permitió determinar que si existe una pérdida significativa de fuerza en todos los grupos de análisis al considerar los diferentes momentos de valoración, solo para el día 1 y 3 en comparación con el momento inicial las pérdidas no fueron significativas, pero hacia el día 7, 14, 21 y 28 las pérdidas fueron significativas (Tabla 1).

De esta manera, 3M Unitek vio disminuida su fuerza de 161,6 gr-f al inicio a 152,3 gr-f posterior al día 7; ADITEK de 126 gr-f a 120,2 gr-f; GAC de 159,3 gr-f a 130,2 gr-f y ORMCO de 153,5 gr-f a 137,9 gr-f (Fig.5). Al parecer el grupo que mostró una mayor pérdida en su fuerza fue GAC.

De igual forma, en las posteriores semanas, existió en todos los grupos una disminución en su fuerza, así 3M Unitek vio disminuida su fuerza de 161,6 gr-f al inicio a 137,7 gr-f luego del día 28, ADITEK de 126 gr-f a 113,2 gr-f. GAC de 159,3 gr-f a 119 gr-f y ORMCO de 153,5 gr-f a 128,8 gr-f. Al parecer el grupo con mayor pérdida de fuerza entre el valor inicial y el valor medido luego de 28 días fue GAC y el que menor pérdida sufrió fue ADITEK (Fig.6).

Por otra parte los resultados demuestran que la composición de titanio no fue significativa para la fuerza inicial, pero sí lo fue para los momentos posteriores, verificándose una correlación media, inversa y apenas significativa, siendo mucho más importante para explicar la pérdida de fuerza al término de los 21 días en donde se registró un coeficiente $r = -0,57$, la de menor contenido de titanio experimentó la mayor pérdida de fuerza, no obstante la de mayor contenido de níquel no fue la que obtuvo la menor pérdida de fuerza, situación que permite inferir que la composición de titanio no explica en forma absoluta la pérdida de fuerza (Tabla 2).

Tabla 1: Resultados de la prueba de Friedman.

Variable	Global	3M Unitek	ADITEK	GAC	ORMCO
F inicial (gr [*])	6,8	6,7	6,4	7,0	7,0
F día 1 (gr [*])	5,5	5,6	5,2	5,7	5,6
F día 3 (gr [*])	4,6	4,5	4,7	4,8	4,6
F día 7 (gr [*])	4,2	4,0	4,5	4,3	4,0
F día 14 (gr [*])	3,6	3,8	4,0	3,2	3,3
F día 21 (gr [*])	2,2	2,4	2,0	1,9	2,3
F día 28 (gr [*])	1,2	1,0	1,2	1,2	1,3
N	120,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Chi-cuadrado	641,0	158,4	156,0	172,3	162,7
gl	6	6	6	6	6
Significancia	,000	,000	,000	,000	,000

Tabla 2: Correlación de la composición y la pérdida de fuerza media.

GRUPO	%Titanio	%Níquel	F7	F14	F21	F28
3M Unitek	45,76	53,41	5,8%	5,8%	7,6%	14,8%
ADITEK	44,82	53,98	4,6%	5,2%	8,2%	9,9%
GAC	44,13	54,6	18,3%	20,5%	23,6%	25,3%
ORMCO	46,44	52,65	10,1%	11,1%	12,7%	16,1%
Correlación Ti			-0,47	-0,49	-0,57	-0,42
Correlación Ni			0,45	0,47	0,55	0,43

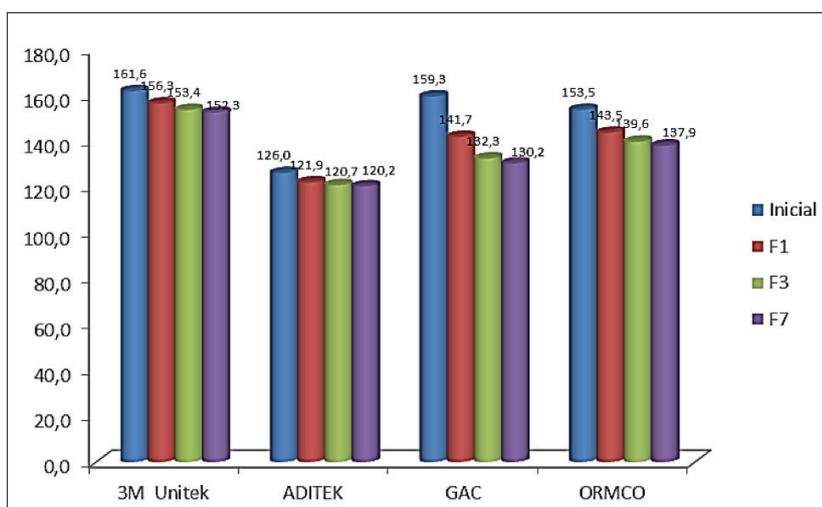


Figura 5. Fuerza media inicial y durante la primera semana por grupo (gr-f).

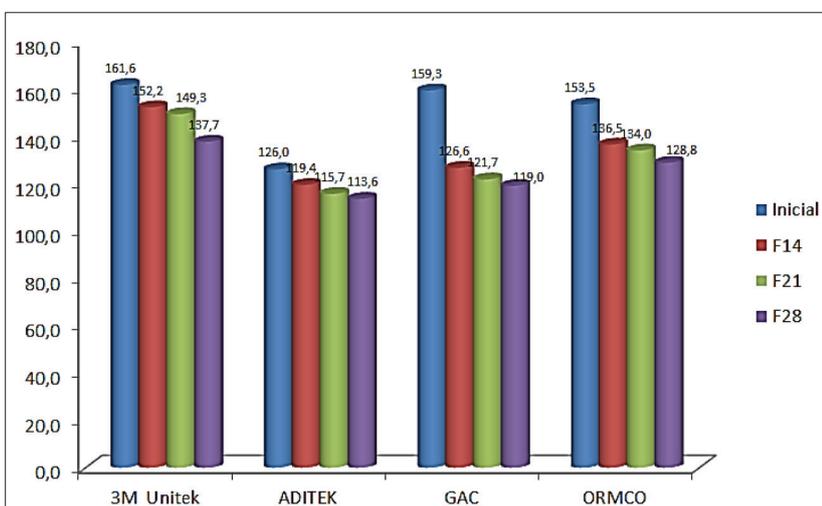


Figura 6. Fuerza media inicial y durante las siguientes semanas por grupo (gr-f).

DISCUSIÓN

La hipótesis planteada en esta investigación, al aseverar que los resortes de espiras abiertas en aleaciones de níquel-titanio sufren una degradación en su fuerza a través del tiempo tras ser sometidos a un ambiente de saliva artificial bajo temperatura y presión constante, es confirmada con los resultados presentes en este estudio.

Tales análisis son ratificados en el estudio de Bourke, Daskalogiannakis, Tompson, & Watson (2010) quienes afirman que existe una pérdida de fuerza en los resortes de níquel-titanio al ser sometidos a una presión constante a lo largo de un periodo prolongado de tiempo.

El comportamiento de los resortes fue valorado bajo un ambiente y circunstancias cercanas a las de la cavidad oral, por lo que eventualmente su desempeño podría alejarse mediana o ligeramente a lo que presenta clínicamente un medio bucal real. Barwart (1996) afirma que existen factores inherentes al ambiente oral como las variaciones en el pH salival, fluctuaciones en la temperatura tras la ingesta de alimentos tanto fríos como calientes, enzimas salivales y la propia acción masticatoria; mismos que sumados a un sinnúmero de productos químicos de aseo bucal, pueden llegar a incidir de manera importante en el desempeño del material.

Por otra parte esta investigación al tratarse de un estudio *in vitro* presentó una serie de fac-

tores que pudieron influenciar en el comportamiento de los resortes, al ser sometidos a las condiciones ya mencionadas, y como lo afirma Palazón (2010), al encontrar que el metal se puede ver afectado potencialmente por factores de corrosión propios en este tipo de aleaciones, dicho fenómeno de degradación electroquímica puede llegar a comprometer sobremanera su desempeño y propiedades. De igual manera Huang et al. (2003) afirman que ciertos defectos de superficie en el producto finalizado constituyen zonas predisponentes a la corrosión debido a una irregularidad importante que estos pudieran presentar en su superficie sumados a un alto estrés residual.

De manera general en el presente estudio los resortes de espiras abiertas en este tipo de aleación mostraron al final de los 28 días de evaluación una pérdida general en su fuerza que promedió entre el 9 y el 25% entre los diferentes resortes, valores que se asemejan a los encontrados por Angolkar, Arnold, Nanda, & Duncanson (2010) que consideran ser relativamente bajos si tomamos en cuenta una mayor pérdida de fuerza presente en los mismos aditamentos pero con otro tipo de aleación en su estructura como el acero inoxidable y Co-Cr-Ni. Esto puede ser relacionado con el bajo rango de carga-deflexión de los resortes como resultados de las propiedades superelásticas que presentan los metales con aleaciones de níquel-titanio. También la curva carga-deflexión de este material muestra que incluso a altas deformaciones mantiene sus

niveles de fuerza relativamente estables, necesitando así activaciones con menor frecuencia que otro tipo de aleaciones. Por lo que los resortes de níquel-titanio se presentan con una gran ventaja clínica sobre otras aleaciones.

Los resultados encontrados en este estudio permiten al clínico evaluar de una forma integral todas las prestaciones y cualidades que este tipo de material presenta por sobre otros, pudiendo de esta manera comprender con mayor claridad su real comportamiento y en base a esto potenciar su adecuado uso en la práctica clínica.

CONCLUSIONES

- Todos los grupos de resortes evaluados a lo largo de 28 días, presentaron una pérdida significativa en su fuerza, siendo relevante a partir del día 7, 14, 21 y 28.
- La valoración inicial de la fuerza registró números semejantes dentro de cada grupo. Sin embargo dentro de estos parámetros, 3M Unitek y GAC presentaron los más altos valores de fuerza inicial.
- El grupo con mayor pérdida de fuerza entre el valor inicial y el final al cabo de 28 días fue GAC, mientras que ADITEK fue el grupo que menor fuerza perdió.
- Los resortes que mayor fuerza generaron al final del periodo de evaluación fueron 3M Unitek y ORMCO.

- El resorte con menor contenido de titanio (GAC) experimentó la mayor pérdida de fuerza.

BIBLIOGRAFÍA

- Angolkar, P., Arnold, J., Nanda, R., & Duncanson, M. (octubre de 2010). Force degradation of closed coil springs: An in vitro evaluation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 138(4), 451-457.
- Barwart, O. (11 de 1996). The effect of temperature change on the load value of japanese NiTi coil springs in the superelastic range. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 110(5), 553-558.
- Boshart, B., Frans, C., Nanda, R., & Manville, D. (3 de 1990). Load-deflection rate measurements of activated open and closed coil springs. *The Angle Orthodontist*, 60(1), 27-32.
- Bourke, A., Daskalogiannakis, J., Tompson, B., & Watson, P. (8 de 2010). Force characteristics of nickel-titanium open-coil springs. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 138(2), 142-147.
- Huang, H., Chiu, Y.-H., Lee, T.-H., Wu, S.-C., Yang, H.-W., Su, K.-H., & Hsu, C.-C. (2003). Ion release from Niti orthodontic wires in artificial saliva with various acidities. *Biomaterials*, 24(20), 3585-3592.
- Palazón, C. (08 de 01 de 2010). *Caracterización de la superficie de los arcos Niti y factores que intervienen en su corrosión*. Recuperado el 28 de 05 de 2015, de Fondos digitalizados: http://fondosdigitales.us.es/media/thesis/1551/S_TD_PROV79.pdf
- Uribe, G. (2010). *Ortodoncia teoría y práctica* (2a ed.). Medellín, Colombia: Corporación para investigaciones biológicas.