



Comparación de las propiedades de las cadenas elastoméricas grises y transparentes.

Cortés-Campos Jazmín, * Rivas-Gutiérrez Rafael, ** Masuoka-Ito David, ***
Gutiérrez-Rojo Jaime Fabián, ** Barrera-Bernal José. ***

Resumen

Las cadenas elastoméricas se utilizan para aplicar fuerzas ligeras y continuas en ortodoncia. Una de sus desventajas es la pérdida de sus propiedades elásticas después de un tiempo corto de uso, provocando movimientos dentales ineficientes. La adición de pigmentos a las cadenas modifica la estructura molecular del material, afectando la capacidad de resistencia a la tracción a lo largo del tiempo. Objetivo: Comparar la fuerza, longitud y módulo elástico de las cadenas elastoméricas grises y transparentes. Materiales y métodos: Se realizó un estudio in vitro con una muestra de 72 segmentos de cadena color gris y 72 transparente, divididas en 6 grupos de tiempo. Se fabricaron 36 plantillas con 20 mm de separación, para sujetar las cadenas a una longitud constante; se sumergieron en saliva artificial, alojadas en una incubadora a 37°C. La fuerza se midió con un dinamómetro y la longitud con un calibrador vernier digital y el módulo elástico con una máquina instron 5507. Se realizaron pruebas de t de Student, ANOVA y post hoc de Tukey. Resultados: El promedio de la fuerza inicial de las cadenas grises fue menor que las transparentes y a los 28 días las grises tuvieron una pérdida de fuerza mayor (42%) y las transparentes del 36.1%. Las cadenas grises tuvieron mayores cambios dimensionales (39.2%) y las transparentes el 27.8% de su longitud inicial y la disminución del módulo elástico también fue mayor en las grises (35.8%) mientras que las transparentes disminuyeron el 26.7%. En la prueba estadística de t de Student en el módulo elástico se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio hasta los 7 días. En la fuerza solamente se encontraron diferencias estadísticas significativas al inicio y en la longitud a las 24 horas.

Palabras clave: Cadenas elastoméricas, ortodoncia, grises, transparentes.

Abstract

Elastomeric chains are used to apply light, continuous forces in orthodontics. One of their disadvantages is the loss of their elastic properties after a short period of use, causing inefficient tooth movement. The addition of pigments to the chains modifies the molecular structure of the material, affecting the tensile strength over time. Objective: To compare the strength, length, and elastic modulus of gray and transparent elastomeric chains. Materials and methods: An in vitro study was conducted with a sample of 72 gray and 72 transparent chain segments, divided into 6 time groups. Thirty six templates were manufactured, spaced 20 mm apart, to hold the chains at a constant length; they were immersed in artificial saliva and housed in an incubator at 37°C. Strength was measured with a dynamometer, length with a digital vernier caliper, and elastic modulus with an Instron 5507 machine. Student's t test, ANOVA, and Tukey's post hoc tests were performed. Results: The average initial strength of the gray chains was lower than the transparent ones, and at 28 days, the gray chains had a greater loss of strength (42%) and the transparent ones, 36.1%. The gray chains showed greater dimensional changes (39.2%), and the transparent ones 27.8% of their initial length. The decrease in elastic modulus was also greater in the gray chains (35.8%), while the transparent ones decreased by 26.7%. The Student's t test found statistically significant differences in elastic modulus from the beginning to the 7th day. Significant differences in strength were only found at the beginning and in length at 24 hours.

Keywords: elastomeric chains, orthodontic, gray, transparent.

*Estudiante de la Especialidad en Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

**Profesor de la Especialidad en Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

***Profesor Investigador de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Correspondencia: Jazmín Cortés Campos e-mail: 22000228@uan.edu.mx

Introducción

Las cadenas elastoméricas son materiales comúnmente utilizados en ortodoncia para ejercer fuerzas ligeras y continuas, siendo especialmente útiles en procedimientos como el cierre de diastemas, la corrección de rotaciones dentales y principalmente, en la retracción de caninos tras la extracción de premolares.^{1,2,3}

Ofrecen diversas ventajas como ser económicas, fáciles de usar, cómodas para el paciente y su retiro no requiere mucho tiempo por parte del ortodoncista. No obstante, una de sus principales desventajas es que pierden gran parte de su fuerza inicial en un corto periodo de tiempo, lo que puede resultar en

movimientos dentales menos efectivos y un incremento en la frecuencia de citas durante el tratamiento.^{4,5,6}

El comportamiento elástico de un material se define en función de su respuesta de tensión-deformación ante una carga externa. En ortodoncia hay tres propiedades fundamentales que son esenciales en los materiales elásticos: resistencia, rigidez o elasticidad y recorrido.^{7,8} La resistencia se mide en unidades de tensión: la unidad SI (estándar internacional) es el pascal (Pa), y en ortodóncicas aparecen frecuentemente los datos en mega-Pa (MPa).⁷

Los elastómeros tienden a volver a su longitud original posterior a la aplicación de una fuerza constante. El problema es cuando esta fuerza modifica su composición molecular impidiendo que retornen a su longitud o forma original, causando dentro de la práctica clínica efectos indeseados. Se ha demostrado que, a pocas horas de su colocación, genera modificaciones moleculares que causa pérdida de fuerza o modificación de su longitud.^{8,9}

Se ha determinado que la pérdida de las propiedades en las cadenas elastoméricas depende de diversos factores, entre ellos el color de la cadena, la marca, el estiramiento previo, el proceso de fabricación y las condiciones presentes en la cavidad oral.¹⁰

Estas cadenas son fabricadas por muchas compañías e, inicialmente, se producían únicamente en color transparente. Sin embargo, la creciente demanda de opciones más estéticas llevó al desarrollo de cadenas en distintos colores. Actualmente, muchos fabricantes han añadido versiones de color a sus líneas de productos. La adición de pigmentos modifica la estructura molecular del material, generando interferencias estéticas que contribuyen a una mayor disminución de la fuerza ejercida por las cadenas.¹¹

Algunos estudios sugieren que el proceso de fabricación y los tipos de pigmentos utilizados pueden influir en la estructura del material y, en consecuencia, en su capacidad de resistencia a la tracción a lo largo del tiempo.⁹

Objetivo

Comparar la fuerza, longitud y módulo elástico de las cadenas elastoméricas grises y transparentes.

Material y Métodos

Se realizó un estudio in vitro en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Diagnóstico Molecular y Biomateriales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. La muestra de este estudio fue de 72 segmentos de cadena color gris y 72 transparente. Se dividieron en 6 grupos para registrar la pérdida de fuerza, los cambios

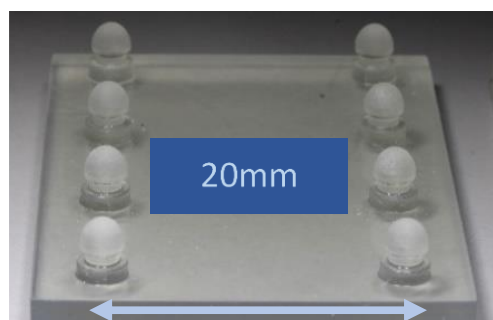
dimensionales y el módulo elástico en diferentes momentos: inicial, 1, 7, 14, 21 y 28 días.

Se cortaron 7 eslabones de cada cadena, dejando 2 eslabones para manipulación y 5 para estiramiento, utilizando cadena cerrada de distintas marcas (Imagen 1). Se usaron 36 plantillas de estiramiento, cada una con 20 mm de separación (Imagen 2), para sujetar las cadenas elastoméricas a una longitud constante, las cuales se sumergieron en saliva artificial, cambiando la saliva cada 7 días y alojadas en una incubadora (ON-01E Natural Convection Oven (52L), Lab Companion) a 37°C.

Imagen 1. Cadenas elastoméricas cerrada grises y transparentes



Imagen 2. Plantillas de estiramiento con 20 mm de separación.



La fuerza se midió con un dinamómetro marca Morelli, la longitud con un calibrador vernier digital y el módulo elástico con una máquina instron 5507 (Triaxial Tritest 50 Load Frame Digital, Ele International) a una distancia de estiramiento de 20 mm, con una velocidad de 1 mm por segundo (Imagen 3). Todas las muestras fueron medidas en 6 intervalos de tiempo (inicial, 1, 7, 14, 21 y 28 días). Se realizaron pruebas estadísticas de t de Student, ANOVA y post hoc de Tukey.

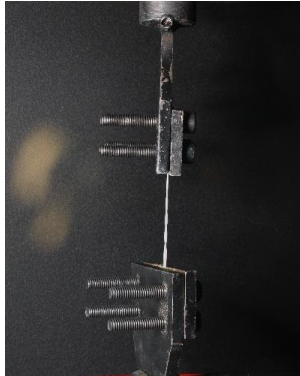


Imagen 3. Maquina instron 5507 (Triaxial Tritest 50 Load Frame Digital, Ele International) con 20 mm de separación.

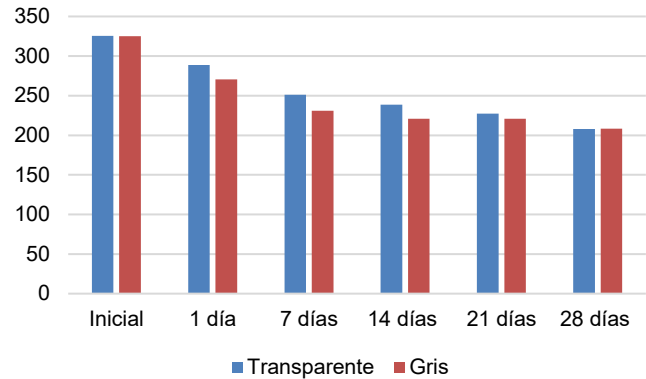
Resultados

Al medir la fuerza de las cadenas grises se encontraron los siguientes promedios: en el inicio fue de 325 ± 21.213 , a las 24 horas de 270.62 ± 54.91 , a los siete días fue de 230.9 ± 49.10 , después de 14 días fue de 220.93 ± 53.18 , a los 21 días fue de 208.12 ± 52.16 y a los 28 días de 188.75 ± 49.29 (Grafica y tabla 1). Se encontraron diferencias estadísticas significativas con la prueba de ANOVA ($F 15.92$, $p 0.000$) y en el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio con todos los valores, pero a partir de los 14 días a los 28 días no existen diferencias estadísticas significativas.

La fuerza de las cadenas transparentes al inicio presento un promedio de 325.5 ± 17.2 , al primer día de 288.75 ± 10.93 , a los siete días el resultado fue de 251.25 ± 12.46 , a los 14 días fue de 238.75 ± 15.29 , de 227.5 ± 12.24 a los 21 días y de 208.12 ± 11.31 a los 28 días (Grafica y tabla 1). Con la prueba de ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F 8.611$, $p 0.000$). Al utilizar el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del primer día con los demás valores.

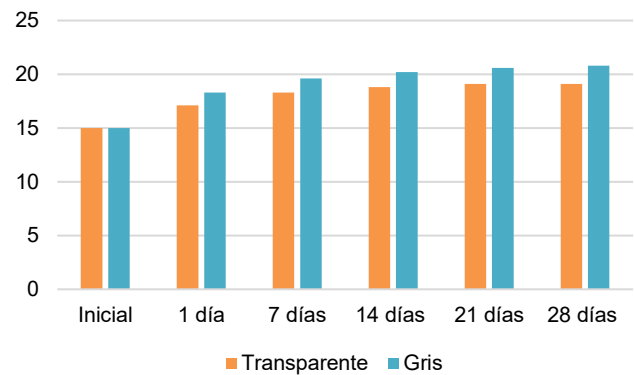
Con la variable de longitud en las cadenas grises la media al inicio fue de 15, a las 24 horas fue de 18.35 ± 1.72 , a los siete días de 19.6 ± 01.60 , a los 14 días de 20.29 ± 2.06 , a los 21 días fue de 20.68 ± 2.32 y a los 28 días fue de 20.89 ± 2.36 (Grafica y tabla 2). Al evaluar los valores encontrados con la prueba de ANOVA existieron diferencias estadísticas significativas ($F 21.408$, $p 0.000$) y con el post hoc de Tukey no se encontraron diferencias estadísticas significativas de los 14 días en adelante.

Grafica 1. Promedio de la fuerza de las cadenas transparentes y grises.



Tiempo	Transparente	Gris
1 día	11.3%	16.8%
7 días	22.9%	29%
14 días	26.7%	32.1%
21 días	30.2%	36%
28 días	36.1%	42%

Grafica 2. Promedio de la longitud de las cadenas transparentes y grises.



Tiempo	Transparente	Gris
1 día	14.3%	22.3%
7 días	22.3%	30.6%
14 días	25.3%	35.2%
21 días	27.8%	37.8%
28 días	27.8%	39.2%

Grafica 3. Promedio de modulo elástico de las cadenas transparentes y grises.

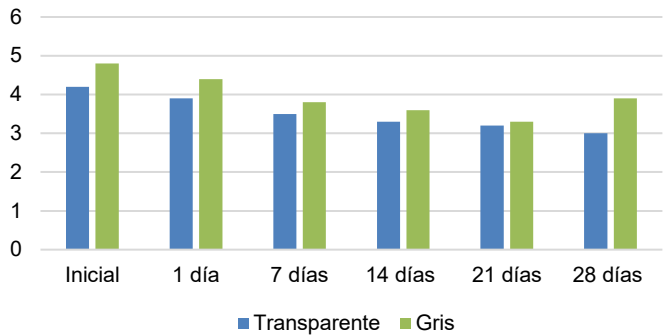


Tabla 3. Porcentaje de disminución de modulo elástico.		
Tiempo	Transparente	Gris
1 día	6.2%	7.1%
7 días	14.8%	19.8%
14 días	19.3%	24.2%
21 días	23.1%	29.9%
28 días	26.7%	35.8%

La longitud en las cadenas transparentes presentó los siguientes resultados: el promedio en un inicio fue de 15, al siguiente día fue de 17.15 ± 0.63 , a los siete días de 18.35 ± 0.88 , a los 14 días de 18.86 ± 0.77 , de 19.17 ± 0.59 a los 21 días y a los 28 días fue de 19.18 ± 0.86 (Grafica y tabla 2). Con la prueba de ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F 16.21$, $p 0.000$), con el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del valor de inicio con todos los resultados.

Las cadenas grises la media en el módulo elástico se encontró al inicio de 4.81 ± 0.62 , 24 horas después fue 4.49 ± 0.61 , a los siete días de 3.89 ± 0.57 , en la medición de los 14 días fue 3.63 ± 0.53 , a los 21 días de 3.40 ± 0.47 y a los 28 días de 3.15 ± 0.38 (Grafica y tabla 3). Al analizar los resultados del módulo elástico con la prueba de ANOVA se encontró que existían diferencias estadísticas significativas ($F 21.26$, $p 0.000$), con en el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio con las demás pruebas, aunque de los 21 días a los 28 días no existía diferencia estadística significativa en el módulo elástico.

En las cadenas de color gris el módulo elástico presento los siguientes promedios: al inicio de 4.3 ± 0.38 , 24 horas del inicio fue de 3.97 ± 0.266 , de 3.51 ± 0.38 a los siete días, de 3.27 ± 0.31 a los 14 días, de 3.11 ± 0.33 a los 21 días y de 2.95 ± 0.35 a los 28 días (Grafica y tabla 3). Con la prueba de ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F 26.12$, $p 0.000$), y con en el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas desde el inicio.

Se utilizo la prueba de t de Student para comparar los valores obtenidos de las cadenas transparentes con los de las cadenas grises, en el módulo elástico se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio hasta los 7 días. En la fuerza solamente se encontraron diferencias estadísticas significativas al inicio y en la longitud a las 24 horas. (Tabla 4).

Discusión

Los pigmentos que se incorporan a la matriz elastoméricas de las cadenas para dar diferentes colores al material parecen afectar sus propiedades mecánicas, sin embargo, pocos estudios han abordado este tema.⁹ Taylor *et al.* concluyeron que las cadenas pigmentadas exhibieron un valor de fuerza menor que las cadenas no pigmentadas en todos los grupos de tiempo.¹² Antony *et al.* observaron que la fuerza aplicada fue menor para las cadenas pigmentadas y que la fuerza media ejercida por las muestras de cadenas elastoméricas no pigmentadas siempre fue mayor en comparación con las pigmentadas, independientemente de la marca y en todos los intervalos de tiempo.¹¹

Ash *et al.* evaluaron la pérdida de fuerzas en las cadenas según su color, observando que no existen diferencias significativas entre las cadenas elastoméricas de color gris y las transparentes, a pesar de que estos dos tipos de cadenas provenían de diferentes fabricantes, al igual que nuestro estudio.¹³ Mora *et al.* observaron que el grupo transparente tuvo fuerzas iniciales mayores de manera significativa en comparación con los grupos gris, rojo y rosa. El grupo transparente su fuerza decayó de 451 a 174 g en el transcurso de los 21 días que duró la prueba mientras que la gris disminuyo de 424 ± 5 a 148 ± 5.6 .¹⁴

Lu *et al.* compararon la fuerza inicial y su disminución en las cadenas elastoméricas American Orthodontics, transparentes y grises, sumergiéndolas en agua por seis semanas, observando que el decaimiento de la fuerza fue menor en las cadenas transparentes que en las grises.¹⁵

Tabla 4. Resultados de la prueba de t de Student							
		Inicio	1 día	7 días	14 días	21 días	28 días
Modulo Elástico	t	3.919	3.73	2.2	1.57	1.66	1.52
	p	0.001*	0.002*	0.044**	0.137	0.117	0.148
Fuerza	t	4.79	1.22	0.813	0.887	1.377	1.63
	p	0.001*	0.241	0.429	0.389	0.189	0.122
Longitud	t	0	-2.559	-1.78	-1.89	-1.23	-1.61
	p	0	0.022**	0.094	0.084	0.237	0.127
*Significativa $p < 0.01$, **Significativa $p < 0.05$.							

En este estudio las cadenas transparentes, las cuales se encuentran libres de pigmentos obtuvieron mejores resultados en sus propiedades al igual que en los estudios de los diferentes autores. Los valores inferiores del grupo de cadena pigmentada (grises) por debajo del grupo transparente podrían atribuirse a los materiales de relleno usados para pigmentar las cadenas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas según la prueba estadística de t de Student en la mayoría de los grupos de tiempo entre las cadenas grises y transparentes.

Referencias

1. da Silva Chaves A, Costas A, Sousa L, Almada E, Vinicius M, Scudeler S, *et al.* Force degradation of elastomeric chains after storage time and mechanical brushing. *Braz Dent J.* 2021; 32(4):55-61.
2. Baratieri C, Mattos C, Alves M, Lau TCL, Nojima L, Gomes d Souza M, *et al.* In situ evaluation of orthodontic elastomeric chains. *Braz Dent J.* 2012; 23(4):394-8.
3. Mousavi S, Mahboobi S, Rakhshan V. Effects of different stretching extents, morphologies, and brands on initial force and force decay of orthodontic elastomeric chains: An in vitro study. *Dent Res J.* 2020; 17(5):326-37.
4. Dadgar S, Sobouti F, Armin M, Ebrahimihasab P, Moosazadeh M, Rakhshan V. Effects of 6 different chemical treatments on force kinetics of memory elastics chains versus conventional chains: An in vitro study. *Int Orthod.* 2020; 18(2): 349-58.
5. Kochenborger C, Lopes D, Menezes E, Antunes D, Hahn L. Avaliação das tensões liberadas por elásticos ortodônticos em cadeia: estudo in vitro. *Dental Press J Orthod.* 2011; 16(6): 93-9.
6. Prastiti VP, i Triwardhani A, Vemala I, Sjamsudin J. Thermoset and thermoplastic elastomeric chain comparative strength: An in vitro study. *J Int Oral Health.* 2020; 12(5): 485-90.
7. Proffit W, Fields H, Sarver D. *Ortodoncia contemporánea.* 6th ed. Barcelona: Elsevier; 2019.
8. Martínez Hernández S, Torres Capetillo E, Duran Torres J, Roesch Ramos L. Degradación de la fuerza de cadenas elastoméricas utilizadas en ortodoncia: evaluación in vitro. *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ.* 2021; 1.
9. Macêdo E, Collares F, Branco V, Werner S, Borges C. Pigment effect on the long term elasticity of elastomeric ligatures. *Dental Press J Orthod.* 2012; 17(3): 27.e1-6.
10. Zheng B, Ali M, Li Z, Zhao Y, Liu Y. Effect of filament types and loops number on the force degradation of elastomeric chains used for orthodontic treatment: an in-vitro study. *BMC Oral Health.* 2023; 23(113): 2-7.
11. Antony P, Paulose J. An in-vitro study to compare the force degradation of pigmented and non-pigmented elastomeric chains. *Indian Journal of Dental Research.* 2014; 25(2): 208-13.
12. Taylor W. The Effect of Pigmentation on Thermoplastic and Thermoset Elastomeric Power Chain. *Electronic Thesis and Dissertation Repository.* 2019; 6786.
13. Ash J, Nikolai R. Relaxation of orthodontic elastomeric chains and modules in vitro and in vivo. *J Dent Res.* 1978; 57: 685-90.
14. Mora C, Zamarripa E, Oliver R, Luna J. Estudio comparativo in vivo de las propiedades elásticas de cadenas elastoméricas sintéticas en relación a su color. 2015; 4(11): 371-8.
15. Lu C, Wang N, Tamg H, Chen W. Force decay of elastomeric chain--a serial study. Part II. *Am j orthod dentofacial Orthop.* 1993; 104: 373-7.