



Estudio *in-vitro* del deterioro de las propiedades elásticas de las cadenas elastoméricas

Ma. Lurim Sánchez Herrera,* Mario Katagiri Katagiri,§ Carlos Álvarez Gayoso^{||}

RESUMEN

La elasticidad de las cadenas elastoméricas sufre un deterioro gradual al ser sometidas a una fuerza tensional constante debido a la ruptura de sus estructuras moleculares por acción de diversos factores ambientales. **Objetivo:** Analizar en las cadenas elastoméricas el deterioro de la fuerza a causa de un alargamiento constante en tres marcas comerciales en diferentes periodos. **Método:** Se elaboraron 10 muestras de cada marca comercial de cadena elastomérica (GAC, TP y 3M UNITEK) de 5 módulos cada una y se sometieron a tensión, midiendo la fuerza inicial, a los 30 min, 24 horas y 4 semanas. Los valores del alargamiento se obtuvieron a los 30 minutos, 24 horas y 4 semanas. Los valores se examinaron con una prueba de Friedman para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre las 3 marcas. **Resultados:** Se encontró que la marca que presenta un comportamiento más uniforme tanto en las pruebas de fuerza como en las de alargamiento es GAC, mientras que TP tiene valores de fuerza altos y menores de alargamiento y 3M pierde mayor cantidad de fuerza y tiene mayor alargamiento.

Palabras clave: Cadenas elastoméricas, deterioro de las propiedades elásticas, fuerza tensional.

Key words: Elastomeric chains, deterioration in the elastic property, tensional force.

ABSTRACT

The elasticity in the elastomeric chains suffers a gradual deterioration due to the constant tensional force they are submitted to. This happens because the molecular structure is ruptured by the action of ambient factors. **Objective:** To analyze the deterioration in the elastomeric chains, caused by constant stretching in three different brands at different periods of time. **Method:** Ten samples, with five links, of each brand were set (GAC, TP and 3M UNITEK), and submitted to tension forces, measuring the initial force, at 30 minutes, 24 hours and 4 weeks. The extension values were measured at 30 minutes, 24 hours and 4 weeks. The data was analyzed using a Friedman test to determine the statistical differences between the three brands. **Results:** The brand with the most uniform behavior was GAC. TP has high force values, but low in stretch values, while 3M has low force values, and high stretch values.

INTRODUCCIÓN

El elastómero es un material que al aplicarle una fuerza muestra un gran aumento de su longitud que desaparece al eliminarla.¹ En la historia el primer material que se conoce con esas características es el hule natural que se empleaba desde la época de las civilizaciones Inca y Maya, sin embargo, su uso fue limitado debido a que sus propiedades se perdían con facilidad por acción de la temperatura y la absorción de la humedad.

Con el proceso de vulcanización introducido por Charles Goodyear en 1839, los usos del hule natural se incrementaron y pronto ortodoncistas como Baker, Case y Angle comenzaron a emplearlo en el tratamiento ortodóntico.²

Los hules sintéticos fueron introducidos en 1920 gracias al desarrollo de la petroquímica; estos materiales están formados por cadenas lineales enrolladas y unidas entre sí por enlaces de carácter primario y secundario, las cuales al aplicarles una fuerza se desenrollan y regresan a su forma original al eliminarla. Sin embargo, al estirarse sus enlaces se rompen de

tal manera que las cadenas se deslizan una sobre otra y presentan una deformación plástica que conlleva a un aumento permanente de su longitud.^{1,2}

Uno de los principios básicos del movimiento ortodóntico es aplicar fuerzas fisiológicamente tolerables. Entre los medios más populares que se emplean para aplicar estas fuerzas son las cadenas elastoméricas, que se introdujeron a la profesión en 1960, y se emplean en casos de: cierre de espacios de la arcada, distalización de caninos, cierre de diastemas y corrección de rotaciones.²⁻⁴

Estas cadenas están hechas a base de polímeros como el poliuretano, lo que las provee de características elásticas, que pueden verse afectadas por diversos factores ambientales tales como: temperatura,

* Estudiante de la Especialidad de Ortodoncia.

§ Profesor de Ortodoncia.

|| Profesor de Materiales Dentales.

concentración de oxígeno, cambios de pH, exposición a luz ultravioleta, absorción de agua, acción de sustancias contenidas en el fluido salival, higiene oral y efectos de fuerzas externas como la masticación.^{2,3,5}

Varios de estos factores se encuentran presentes en la boca, los cuales provocan un rápido deterioro del material; por esta razón y por el estiramiento constante a la que son sometidas van perdiendo fuerza conforme transcurre el tiempo de permanencia en la cavidad oral, se ha reportado que a los 30 minutos de ser colocadas en la boca, hay una pérdida importante de fuerza; a las 24 horas pierden entre 50% y 70% de su fuerza, quedando un remanente entre 30% y 40% aproximadamente, durante las siguientes 4 semanas.^{2,4-8}

Las características elásticas de las cadenas varían de acuerdo a su proceso de manufactura, lo cual puede alterar los resultados del tratamiento; es por ello que esta información es importante para poder establecer variaciones clínicas que lleven a los resultados deseados.^{4,9}

Con estudios de fatiga aplicados a las cadenas elásticas se puede obtener información no sólo de cuál es mejor material a emplear en la práctica clínica, sino también determinar si la proporción de la fuerza aplicada por la cadena es suficiente para inducir una respuesta biológica en los tejidos que generen el movimiento dental.^{3,4,10}

MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio se evaluaron 3 marcas comerciales de cadenas elastoméricas transparentes (Chainette de GAC, Alastik Chain de 3M y Super Slick de TP); de cada marca se obtuvieron 10 muestras, las cuales estuvieron formadas por 5 eslabones cada una. Con el objetivo de analizar el deterioro de la fuerza a causa de un alargamiento constante en las marcas comerciales en diferentes periodos.

Se prepararon 3 bases acrílicas con 10 pares de soportes de alambre de acero 0.040" separados entre sí 20 mm, para mantener las cadenas estiradas a esa distancia y lograr una fuerza constante durante 30 minutos, 24 horas y 4 semanas. Antes de colocar todas las muestras en las bases se midió la longitud y fuerza iniciales que generaron las cadenas al estirarse 20 mm.⁴ Después de las mediciones iniciales se colocaron en las bases, las cuales fueron sumergidas en agua desionizada e introducidas en la cámara ambientadora a 37°C para simular las condiciones de la boca.^{4,7,11}

Para valorar la fuerza en gramos, las muestras fueron estiradas 20 mm por medio de un dispositivo que presentaba un gancho superior en donde se colocó un extremo de la muestra y otro en el extremo opuesto. A la cadena se le aplicó una fuerza con ayuda de balines de plomo que permitieron la extensión deseada de las

muestras. Los balines se pesaron en una balanza analítica en donde se registró el peso en gramos, determinando de esta forma la fuerza aplicada. Los valores de las fuerzas fueron registrados para 0 y 30 minutos de extensión, 24 horas y 4 semanas. Periodos durante los cuales las muestras estaban sometidas a un ambiente que simulaba las condiciones de la boca. Las mediciones de longitud (alargamiento) de las cadenas también se hicieron a 0 y 30 minutos, 24 horas y 4 semanas.

Se obtuvieron los valores promedio, las desviaciones estándar y los coeficientes de variación (CV) de las fuerzas y longitudes. Se empleó la prueba de Friedman para determinar las diferencias estadísticamente significativas, el cual es un análisis no paramétrico de medidas repetidas, ya que las mismas muestras fueron usadas durante los diferentes periodos y porque el tamaño de muestras fue menor a 10.

RESULTADOS

Los grupos de trabajo se establecieron de la siguiente forma: grupo A (Super Slik de TP), grupo B (Chainette de GAC) y grupo C (Alastik Chain de 3M). De todos los grupos se obtuvieron datos de tiempo inicial (T0), a los 30 minutos (T30), 24 horas (T24) y 4 semanas (T4), tanto de las mediciones de fuerza como de longitud.

Los valores de fuerza para T0 no muestran diferencias estadísticamente significativas para un valor de $P = 0.273$. En T30 tampoco hay diferencias estadísticamente significativas para una $P = 0.407$. T24 y T4 presentan diferencias estadísticamente significativas para $P = 0.001$ y para $P = 0.000$ respectivamente.

La prueba de Friedman con los valores de alargamiento mostró que en T0, T30, T24 y en T4 existen diferencias estadísticamente significativas para valores de $P = 0.000$ respectivamente.

DISCUSIÓN

Un elastómero es un material polimérico formado por rellenos plastificantes y aditivos que le proporcionan dureza, durabilidad, biocompatibilidad, bioestabilidad y flexibilidad. Aunque los materiales elastoméricos presentan grandes deformaciones con pequeños esfuerzos, tienen un comportamiento común a otros materiales. En particular, tienen una resistencia limitada y presentan fatiga. La fatiga de los elastómeros se manifiesta por la reducción progresiva de sus propiedades físicas como resultado de la propagación de fracturas durante la aplicación de una fuerza continua. De esta forma se puede decir que la fatiga de un elastómero es el resultado de un proceso atómico y molecular.^{12,13}

El rompimiento de las cadenas y la fatiga del material puede deberse a:¹²

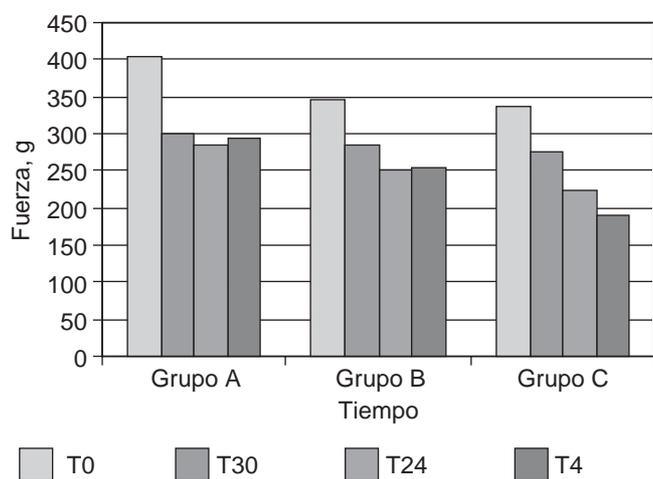


Figura 1. Valores promedio de fuerza a los diferentes tiempos.

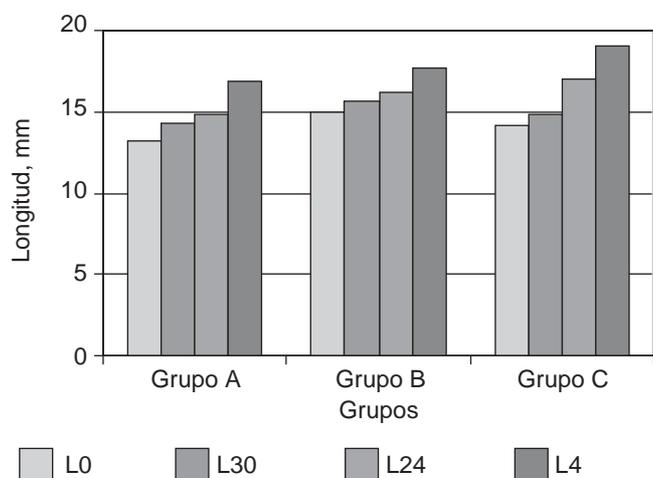


Figura 2. Valores promedio del alargamiento a los diferentes tiempos.

- Composición química del elastómero.
- Tipo de entrecruzamiento de las cadenas poliméricas.
- Tipo de aditivos usados para evitar o retardar el envejecimiento.

La mayoría de los componentes del elastómero mejoran el procesado del material; uno de los componentes que más puede afectarlo es el plastificante. Este es un diluyente de bajo peso molecular, incorporado para aumentar la flexibilidad. Una desventaja que tiene, es su carácter migratorio cuando se encuentra en un medio acuoso, por lo cual el material puede perderlo y aumentar su rigidez.^{14,15} Los resultados del grupo A nos hacen creer que este material pierde plastificante ya que los valores de fuerza a las 4 semanas incrementan

Cuadro I. Valores promedio de las fuerzas aplicadas a las cadenas a los diferentes tiempos.

Fuerza	Promedio (g)	Desviación estándar (g)	CV (%)
T0			
Grupo A	403.121	79.819	19.800
Grupo B	346.634	20.231	5.836
Grupo C	335.328	25.284	7.540
T30			
Grupo A	299.524	40.957	13.674
Grupo B	285.082	20.144	7.066
Grupo C	275.135	19.845	7.212
T24			
Grupo A	285.031	37.065	13.003
Grupo B	250.774	14.196	5.660
Grupo C	223.530	12.821	5.735
T4			
Grupo A	292.772	35.146	12.004
Grupo B	253.889	22.525	8.871
Grupo C	190.979	9.587	5.019

en comparación con los valores obtenidos a los 30 minutos (T30) como se puede observar en la figura 1. Los altos coeficientes de variación (Cuadro I) indican que su proceso de manufactura no es homogéneo al compararlos con los coeficientes de los otros grupos.

El grupo B presenta menor valor de la fuerza entre T0 y T30, y una fuerza prácticamente constante entre T24 y T4. Recordemos que los principios biológicos del movimiento ortodóntico mencionan que las fuerzas requeridas para producir movimientos dentales deben ser ligeras y continuas para no causar daños en los tejidos periodontales.¹⁶ Los coeficientes de variación de este grupo son los más bajos, lo que indica que el material aporta valores de fuerza regulares entre las diferentes muestras, razón por la cual podría ser recomendado con respecto al grupo A.

El grupo C tiene una pérdida gradual de fuerza durante los 4 periodos, por lo tanto este material puede aportar fuerzas más ligeras pero no constantes como se desea en el tratamiento ortodóntico. Sus coeficientes de variación son ligeramente más altos que los del grupo B, pero mucho menores que el grupo A, lo que nos hace pensar que el plastificante que usan el grupo B y C es menos soluble que el del grupo A.

En términos generales, las fuerzas aplicadas para lograr estirar las cadenas 20 mm, disminuyen en los

Cuadro II. Valores de alargamiento de las cadenas.

Alargamiento	Media (mm)	Desviación estándar (mm)	CV (%)
T0			
Grupo A	13.143	0.001	0
Grupo B	14.983	0.002	0
Grupo C	14.193	0.001	0
T30			
Grupo A	14.333	0.081	1
Grupo B	15.595	0.124	1
Grupo C	14.864	0.185	1
T24			
Grupo A	14.788	0.213	1
Grupo B	16.215	0.137	1
Grupo C	16.956	0.230	1
T4			
Grupo A	16.860	0.255	2
Grupo B	17.657	0.211	1
Grupo C	19.089	0.192	1

tres grupos (Figura 2). Este comportamiento se debe a que las cadenas adquieren mayor deformación permanente conforme transcurre el tiempo durante el cual se mantienen estiradas las muestras como se observa en el cuadro II. Esto es posible que sea debido al plastificante, ya que como mencionamos anteriormente, el plastificante se introduce entre las cadenas para permitir el deslizamiento de las mismas. Las fuerzas generadas por un elastómero van disminuyendo de acuerdo con el aumento del alargamiento cuando son sometidas a una distancia de alargamiento constante.

Estos resultados hacen inferir que necesitamos estudios de termogravimetría para determinar con precisión si existe pérdida del material (plastificante) y con ello corroborar la disminución de fuerza y aumento de la rigidez de las cadenas, en particular del grupo A; o bien, un análisis químico del agua desionizada para detectar presencia del plastificante o algún otro aditivo.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en este estudio se puede inferir que el grupo B sería el más indicado para los fines ortodónticos, ya que tanto en las mediciones de fuerza como en las mediciones de alargamiento, fue

el que se comportó de manera más uniforme es decir, menor pérdida de fuerza a las 4 semanas así como menor alargamiento.

Cabe mencionar que conocer la cantidad de fuerza remanente en las cadenas elastoméricas es importante para determinar la cantidad de fuerza que debemos aplicar al colocarla en la boca, considerando la pérdida que se tendrá en el transcurso del tiempo y así poder obtener movimientos biológicos que nos lleven a mejores resultados clínicos.

Es posible que el diferente comportamiento de las tres marcas no se deba únicamente al tipo de plastificante, sino también puede estar determinado por el tipo de polímero o elastómero empleado por el fabricante. Es por ello que recomendamos un estudio posterior para determinar la composición exacta del polímero de las diferentes marcas, así como sus ingredientes, entre ellos plastificantes o aditivos.

REFERENCIAS

1. Askeland. *Materiales para ingeniería*. Editorial Panamericana. 1991.
2. Baty DL et al. Synthetic elastomeric chains: A literature review. *Am J Orthod* 1994; 105: 536-542.
3. Kapila S. Characteristics of elastomeric chains. *Angle Orthod* 1994; 64(6): 521-526.
4. Stevenson JS. Force application and decay characteristics of untreated and treated polyurethane elastomeric chains. *Angle Orthod* 1994; 64(6): 455-464.
5. Mayberry D, Allen R, Close J, Kinney DA. Effects of disinfection procedures on elastomeric ligatures. *JCO* 1996; 1: 49-51.
6. Rock WP. A laboratory investigation of orthodontic elastomeric chains. *Br J Orthod* 1985; 12: 202-207.
7. De Genova DC et al. Force degradation of orthodontic elastomeric chains – A product comparison study. *Am J Orthod* 1985; 87(5): 377-384.
8. Chau Lu Tz et al. Force decay of elastomeric chain- a serial study. *Am J Orthod* 1993; 104(4): 373-377.
9. Baty DL et al. Force delivery properties of colored elastomeric modules. *Am J Orthod* 1994; 106: 40-46.
10. Huja S, Dhuru VB. Letters to the editor. *Am J Ortho* 1994; 106: 19A-21A.
11. Taloumis LJ et al. Force decay and deformation of orthodontic elastomeric ligatures. *Am J Orthod* 1997; 111(1): 1-11.
12. Abraham F, Alshuth T, Jerrams S. The effect of minimum stress and stress amplitude on the fatigue life of non strain crystallizing elastomers. *Materials and Design* 2005; 26: 239-245.
13. Khan I et al. Analysis and evaluation of a biomedical polycarbonate urethane tested in an *in vitro* study and an ovine arthroplasty model. Part I: materials selection and evaluation. *Biomaterials* 2005; 26: 621-631.
14. Bhowmich AK. *Handbook of elastomers*. 2º edición. Edit. Marcel Dekker. 2001.
15. Salamone JC. *Polymeric materials encyclopedia*. Edit. CRC Press. 1996: Vol 7.
16. Proffit WR. Ortodoncia contemporánea, teoría y práctica. 3ª edición. Edit. Harcourt & Mosby. 2001.

Dirección para correspondencia:

Ma. Lurim Sánchez Herrera

Calzada de los Corceles No. 216,

Colina del Sur. Tel. 5646-6629.

Correo: lurimsanchez@yahoo.com.mx