

Estudio comparativo in vivo de las propiedades elásticas de cadenas elastoméricas sintéticas en relación a su color

Mora-Rodríguez Carlos Esteban,* Zamarripa-Díaz Enrique,**
Oliver-Parra Rogelio,*** Luna-Domínguez Jorge Humberto.****

Resumen

El objetivo del presente estudio fue comparar las fuerzas y el decaimiento de las cadenas elastoméricas de diferentes colores. Materiales y Métodos: Se probaron en este estudio cadenas de 6 colores distintos (transparente, plata, púrpura, azul, rojo y rosa) de la marca comercial American Orthodontics®, de las cuales se tomaron 8 especímenes de cada una, dando 48 especímenes en total, las cuales se les tomó la fuerza inicial que expresaban al ser estiradas al doble de su longitud con una Máquina Universal de Pruebas (MUP), posteriormente se posicionaron en un aparato diseñado para portar las cadenas estiradas al doble de su longitud y expuestas al medio bucal durante 21 días. Una vez transcurrido el tiempo, a la cadena se le tomó la fuerza final que expresaba en la MUP para comparar resultados entre ellas. Resultados: Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las fuerzas finales y decaimiento de la fuerza entre el grupo transparente y el resto de los grupos de colores, mas no se presentó diferencia significativa entre estos últimos, a excepción de los grupos azul y rosa, los cuales presentaron diferencias apenas estadísticamente significativas. Conclusiones: La fuerza que expresan las cadenas elastoméricas, así como la decadencia de esta fuerza no suelen variar de manera estadísticamente significativa según su color, sino por la presencia o ausencia de pigmentación.

Palabras clave: cadenas elastoméricas, fuerza, fuerza inicial, decaimiento de la fuerza, fuerza final.

Abstract

The purpose of this study was compare the forces and the decay of these expressing the elastomeric chains of different colors. Materials and methods: chains were tested in this study of 6 different colors (clear, silver, purple, blue, red and pink) American Orthodontics® trademark, of which 8 specimens each were taken, giving 48 specimens Total, which are taking the initial force that expressed when stretched to twice its length with a Universal Testing machine (MUP) subsequently positioned in an apparatus designed to carry chains stretched to twice its length and exposed to the environment mouth for 21 days. Once elapsed, the chain will take the final force expressed in the MUP to compare results between them. Results: Statistically significant differences between the final strength and weakness of the force between the lens unit and the rest of the color groups were found, but not significant difference between them was presented, with the exception of blue and pink groups, which presented only statistically significant difference. Conclusions: The force that expresses the elastomeric chains and the decline of this force does not tend to vary statistically significantly by color, but by the presence or absence of pigmentation.

Keywords: elastomeric chains, Strength, Starting Strength, Decay of force, Final Force.

* Estudiante de la maestría en Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

** Coordinador del posgrado de Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

*** Asesor metodológico y jefe del área de investigación de la facultad de odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

**** Asesor Estadístico de la facultad de odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Correspondencia: Carlos Esteban Mora Rodríguez. e-mail: caesmo79@gmail.com

Recibido: Enero 2015 Aceptado: Abril 2015

Introducción

Las cadenas elastoméricas se utilizan rutinariamente en ortodoncia para cerrar los espacios interdentes y para cambiar la posición de los dientes. Las cadenas se componen de enlaces circulares unidos por conectores de longitudes variables que definen su clasificación y están fácilmente disponibles de muchas alternativas comerciales en una amplia variedad de colores.

Uribe menciona que las cadenas elastoméricas se consiguen en 3 diferentes presentaciones de tamaño: 1) De eslabones continuos, sin filamento de separación. 2) De eslabones unidos por un filamento corto. 3) De eslabones unidos por un

filamento largo. Éstas se enganchan en los brackets y ganchos de los tubos, y sirven para mover los dientes en todas las direcciones a lo largo de un riel o arco base rígido.¹

Stroede y cols. mencionan que las cadenas elastoméricas se aplican fácilmente y suelen ser bien toleradas por la mayoría de los pacientes. Sin embargo, es difícil para el ortodoncista controlar las fuerzas entregadas por cadenas, y no hay suficiente información disponible para saber si un color de cadena es clínicamente superior a otro.²

Las cadenas elastoméricas son de uso común en

el tratamiento ortodóncico desde hace ya algunas décadas. Éstas presentan versatilidad en la aplicación de diferentes mecánicas ortodóncicas como el cierre de diastemas, retracción de caninos, intrusiones con implantes, etc. Son relativamente fáciles de usar por el ortodoncista y suelen ser bien toleradas por el paciente.²

De Genova y cols. mencionan que clínicamente, las cadenas elastoméricas son usadas para el control de la rotación del diente, el cierre de espacios y distalización de caninos. A pesar de esto, es de tomar en cuenta que el uso de cadenas elastoméricas presenta desafíos de higiene para el paciente, tienden a decolorarse y se ha comprobado que presentan decaimiento de la fuerza que expresan durante el transcurso de su uso.³

En estos tiempos, en el cual la estética ha ganado un lugar importante en la sociedad contemporánea, la puesta a disposición de un catálogo de distintos colores de elásticos ortodóncicos pareciera enriquecer el tratamiento de ortodoncia en este aspecto, ya que muchos pacientes expresan demanda por éstos, dándoles una importancia real y tangible al color de sus elásticos durante el tratamiento. Por esta razón, las cadenas elastoméricas de distintos colores deberían expresar de manera uniforme las mismas características de fuerza entre ellas, ya que esto daría tratamientos más viables y procedimientos confiables, por lo que es importante para este estudio demostrar si esto sucede realmente. Ninguno de los primeros estudios realizados acerca de las cadenas elastoméricas hablaba acerca de la influencia que podían ejercer los pigmentos de manera relevante en la entrega de fuerzas y el decaimiento de éstas durante su utilización.³

Baty y cols. encontraron que las cadenas elastoméricas pierden un 50 a 70% de su fuerza inicial durante las primeras 24 horas, y 60 a 70% de su fuerza inicial durante las siguientes 3 semanas de utilización. También indica que la fuerza inicial, así como la fuerza de decaimiento puede variar entre diferentes fabricantes, sugiriendo que esto puede suceder por las diferentes técnicas de fabricación utilizadas.⁴

Ash y Nikolai fueron de los primeros autores que hicieron referencias acerca de 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 2 tipos de cadenas provenían de diferentes fabricantes.⁵

Baty y cols. en 1994 evaluaron un poco más ampliamente el tema, comparando la fuerza inicial y la fuerza de decaimiento de las cadenas elastoméricas pigmentadas. Compararon cadenas de 3 fabricantes y 4 colores de cada uno de los fabricantes. En su estudio encontró que las cadenas del mismo fabricante se comportaron de manera similar en las muestras de los cuatro colores seleccionados, con la sola excepción de las cadenas Ormco, las cuales mostraron diferencias entre ellas en comparación con las grises.⁶

Lu y cols. compararon la fuerza inicial y la de decaimiento de 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. Estos hallazgos ya empiezan a sugerir que la pigmentación puede influir en la fuerza de las cadenas elastoméricas.⁷

Macedo y cols, realizaron un estudio comparativo in vitro, en el cual evaluó la fuerza de las ligaduras elastoméricas de diferentes colores. En éste pudo comprobar que no todas se mantienen estable en su fuerza según su color, y que éste puede ser una variable determinante en las propiedades del elastómero durante su uso. Su estudio arrojó como resultado que el elastómero de color gris tiene menor decaimiento de su fuerza, así como los colores azul, púrpura, y rosado oscuro. Los colores rojos, negros y verdes presentaron un mayor decaimiento de fuerza durante el estudio.⁸

Stoede y cols. obtuvieron resultados que demostraban que existía diferencia significativa entre las propiedades viscoelásticas en las diferentes cadenas elastoméricas según su color, sin embargo, estas diferencias eran relativamente pequeñas, por lo que sugerían desestimar su

Grupo inicial	Media	Mediana	Desv.tip.	Mínimo	Máximo	Valor P
Transparente	451	451	2.9	447	454	ANOVA de un Factor ≤. 0001
Plata	424	428	5	418	431	
Purpura	446	449	4	438	450	
Azul	452	454	3.2	447	456	
Rosa	409	411	2.4	404	412	
Rojo	442	444	2.1	440	446	

Tabla 1. Análisis estadístico con los resultados de fuerza inicial, se obtuvo los datos estadísticos descriptivos de media, mediana y desviación estándar, el intervalo de confianza al 95% para la media, el valor mínimo y máximo de cada grupo, y resultados de la prueba ANOVA para las cadenas de colores.

importancia a nivel clínico, dejando la puerta abierta a estudios más amplios.²

Antony y Paulose realizaron un estudio in vitro, en el cual probaron la fuerza y su decadencia de diferentes cadenas elásticas pigmentadas y no pigmentadas, más ampliamente usadas en ortodoncia, los resultados que obtuvieron demostraban que las cadenas elásticas libres de pigmentos no sólo expresaban mayor fuerza inicial, sino que también presentaban menor disminución gradual de la fuerza durante su etapa activa.⁹ Uribe habla que, en cuanto a la apariencia de éstas, las cadenas elastoméricas blancas y transparentes son las que más cambian de color, después las amarillas, azules y rosadas, y por último, rojas, naranja y negras.¹

Cabe acotar finalmente, que se suele especular que la adición de colores fuertes, llamados de neón, podría volver más tóxicos, sin embargo no existen evidencias científicas reportadas. El objetivo de este estudio fue comparar las fuerzas producidas por las cadenas elastoméricas de distintos colores American Orthodontics®.

Material y Métodos

Se tomaron 6 cadenas elastoméricas, cada una de distinto color (Transparente, Plata, Rojo, Rosa, Púrpura y Azul). Éstas se seleccionaron a partir de un consenso entre los estudiantes de posgrado de ortodoncia de la UAT, promoción 2013-2014, sobre los de cuáles eran los 6 colores más frecuentemente demandados por los pacientes. De cada color se tomaron 8 especímenes de 4 eslabones cada uno en 6 grupos, uno por cada color. Para realizar el estudio in vivo, se diseñó y confeccionó especialmente un aparato que pueda portar los especímenes y pueda ser llevado en

la boca de los pacientes, causando un mínimo de molestias y al mismo tiempo no modifique las condiciones buscadas para el estudio.

Una vez obtenidos los seis rollos de cadenas elásticas de eslabones cerrados American Orthodontics® de los colores seleccionados previamente, se procedió a obtener 8 especímenes de cada una de ellas, cortando la cadena de manera que cada espécimen tenga 4 eslabones, obteniendo una muestra total de 48 especímenes.

Debido a que estas cadenas elastoméricas se fabrican en una sola cadena continua, éstas se cortaron a una longitud estándar, de modo que, para cada muestra, dos eslabones se dejaron libres y dos eslabones se utilizaron para la fijación en el aparato. Este aparato consistió en un armazón elaborado en alambre de acero inoxidable, de grosor 0.040 mm, el cual consistía en dos partes, un arco, donde serían colocados los especímenes a estudiar, y un gancho inferior soldado al arco, en el cual servirá para fijar el aparato a la banda de los molares superiores.

Una vez obtenidos los especímenes, se agruparon en seis grupos por cada color para posteriormente identificarlos de manera individualizada, otorgándoles a cada uno, un número por color al que pertenecen.

Se llevaron a la máquina universal de pruebas MTS Alliance Rt 30, y se registró la fuerza inicial a una distancia de 19.2 mm, la cual es el doble de la distancia inicial entre la porción lateral de la luz de los eslabones externos de cada espécimen nuevo, la cual fue de 9.6mm. Una vez tomada las mediciones de la fuerza inicial de cada espécimen, las cadenas fueron colocadas de

nuevo en su envase que lo identificaba y fueron llevadas a la sala clínica a la espera de ser colocadas.

Ya con el paciente presente se procedió a calibrar los arcos a una distancia aproximada de 19.2 mm y con mucho cuidado se colocaron las cadenas elastoméricas en cada arco, a razón de dos cadenas por arco, separadas por una A1 entre las dos cadenas, para evitar contacto entre especímenes.

Realizado esto se procedió a colocar cada aparato en la banda de los primeros molares superiores de cada paciente. Colocando el gancho inferior del aparato en el tubo destinado al arco extraoral de la banda, y se fijaba amarrando el gancho inferior del aparato al gancho de la banda con una ligadura metálica. Instalado el aparato, se identificó al paciente, con los especímenes que portaba en su boca, se le dio instrucciones de higiene específicas para el aparato y se le citó 21 días posteriores a la fecha de instalación.

Al transcurso de 21 días los aparatos con los especímenes fueron retirados de la boca de los pacientes, se desinfectaron y se colocaron en un envase previamente identificado que contenía una solución de agua des ionizada para ser llevados el mismo día al aparato universal de pruebas. Una vez en la Máquina Universal de Pruebas, instantes previos a la medición, se retiró el espécimen del aparato, se colocó en la Maquina Universal y se procedió a medir su fuerza final.

El análisis comenzó obteniendo los estadísticos de media, desviación estándar, intervalo de confianza para la media al 95%, para las variables cuantitativas fuerza. Además se verificó el cumplimiento del supuesto normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov), y el supuesto de igualdad de varianzas (prueba Levene).

Al cumplir estos supuestos, se realizó la prueba ANOVA de un factor para comparar el rendimiento medio de la fuerza de los grupos. Posteriormente se realizaron comparaciones múltiples Post hoc con la prueba Scheffé. Para la comparación de la fuerza inicial a la fuerza final de cada grupo, se utilizó la prueba T de muestras relacionadas para

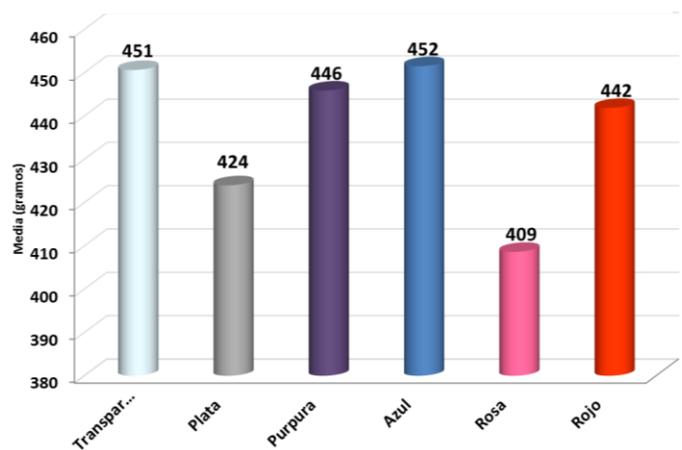
demostrar cambios estadísticamente significativos. Todas las pruebas estadísticas se han manejado a un valor alfa de 0.05 en el paquete estadístico SPSS 21.

Tabla 2. Resultados para la prueba Scheffé, se pueden observar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de colores.

Grupos		Diferencias de medias	Valor P
Transparente	Plata	26.6	.000 ⁺
	Purpura	4.7	.197
	Azul	-0.87	.998
	Rosa	42	.000 ⁺
	Rojo	8.75	.001 ⁺
Plata	Transparente	-26.6	.000 ⁺
	Purpura	-21.8	.000 ⁺
	Azul	-27.5	.000 ⁺
	Rosa	15.3	.000 ⁺
	Rojo	-17.8	.000 ⁺
Purpura	Transparente	-4.75	.197
	Plata	21.8	.000 ⁺
	Azul	-5.62	.076
	Rosa	37.2	.000 ⁺
	Rojo	4	.378
Azul	Transparente	.875	.998
	Plata	27.5	.000 ⁺
	Purpura	5.62	.076
	Rosa	42.8	.000 ⁺
	Rojo	9.6	.000 ⁺
Rosa	Transparente	-42	.000 ⁺
	Plata	-15.37	.000 ⁺
	Purpura	-37.2	.000 ⁺
	Azul	-42.8	.000 ⁺
	Rojo	-33.2	.000 ⁺
Rojo	Transparente	-8.75	.001 ⁺
	Plata	17.8	.000 ⁺
	Purpura	-4	.378
	Azul	-9.62	.000 ⁺
	Rosa	33.2	.000 ⁺

+ significativa

Figura 1. Gráfico comparativo entre las fuerzas iniciales de los diferentes grupos de colores.



Grupo Final	Media	Mediana	Desv.tip.	Mínimo	Máximo	Valor P
Transparente	174.38	175.5	10.4	162	194	ANOVA de un Factor ≤. 0001
Plata	147.5	149.5	5.58	137	155	
Purpura	147.88	146.5	8.24	137	162	
Azul	155.75	156.5	12.67	130	175	
Rosa	132.75	131	5.55	127	144	
Rojo	145.5	145	8.02	135	160	

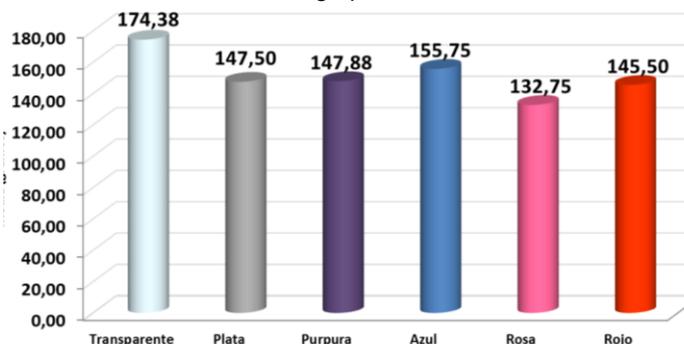
Tabla 3. Análisis estadístico con los resultados de fuerza final, se obtuvo los datos estadísticos descriptivos de media, mediana y desviación estándar, el intervalo de confianza al 95% para la media, el valor mínimo y máximo de cada grupo, y resultados de la prueba ANOVA para las cadenas de colores.

Tabla 4. Resultados para la prueba Scheffé, se pueden observar las diferencias estadísticamente.

Grupos	Diferencias de medias	Valor P
Transparente	Plata	26.6 .000 ⁺
	Purpura	4.7 .197
	Azul	-0.87 .998
	Rosa	42 .000 ⁺
	Rojo	8.75 .001 ⁺
Plata	Transparente	-26.6 .000 ⁺
	Purpura	-21.8 .000 ⁺
	Azul	-27.5 .000 ⁺
	Rosa	15.3 .000 ⁺
	Rojo	-17.8 .000 ⁺
Purpura	Transparente	-4.75 .197
	Plata	21.8 .000 ⁺
	Azul	-5.62 .076
	Rosa	37.2 .000 ⁺
	Rojo	4 .378
Azul	Transparente	.875 .998
	Plata	27.5 .000 ⁺
	Purpura	5.62 .076
	Rosa	42.8 .000 ⁺
	Rojo	9.6 .000 ⁺
Rosa	Transparente	-42 .000 ⁺
	Plata	-15.37 .000 ⁺
	Purpura	-37.2 .000 ⁺
	Azul	-42.8 .000 ⁺
	Rojo	-33.2 .000 ⁺
Rojo	Transparente	-8.75 .001 ⁺
	Plata	17.8 .000 ⁺
	Purpura	-4 .378
	Azul	-9.62 .000 ⁺
	Rosa	33.2 .000 ⁺

+ significativa

Figura 2. Gráfico comparativo entre las fuerzas finales de los diferentes grupos de colores



Resultados

Una vez finalizado el experimento clínico, y obtenidos los resultados, se recurrió al análisis de datos. Se inició el análisis estadístico con los resultados de fuerza inicial, se obtuvo los datos estadísticos descriptivos de media, mediana y desviación estándar, el intervalo de confianza al 95% para la media, el valor mínimo y máximo de cada grupo de cadenas de colores, datos tomados de la muestra tal cual como fueron entregadas por la casa comercial.

Al cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se realizó la prueba ANOVA de una vía para comprobar que estos grupos si diferían estadísticamente entre ellos (Tabla 1). Al obtener un resultado significativo en el ANOVA, se realizaron comparaciones múltiples. Posteriormente entre los grupos, se usó la prueba Scheffé para identificar diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de fuerza inicial (Tabla 2).

Se observó que el grupo transparente tuvo fuerzas iniciales mayores de manera significativa en comparación con los grupos plata, rojo y rosa, el grupo plata y rosa se distancian significativamente de todos los demás grupos. El grupo púrpura se distancia significativamente de los grupos rosa y plata, el grupo azul se distancia de los grupos rojo, rosa y plata; el grupo rosa del grupo rojo. (Tabla 2)

Gráficamente se puede entender más estas diferencias anteriormente mencionadas, por ejemplo, se observó el grupo transparente no muestra diferencias estadísticamente significativas con los grupos púrpura y azul, más si con los demás grupos de cadenas.

El grupo transparente y el azul reportaron las medias más altas. Seguido por el morado, rojo y plata, y al último el grupo rosa (Figura 1).

Los resultados de la medición de fuerza final fueron analizados, obteniendo los datos de estadística descriptiva. De igual manera se utilizó la prueba ANOVA de una vía, para comprobar que estos grupos diferían estadísticamente entre sí (Tabla 3). Como se obtuvieron resultados significativos en la prueba ANOVA, Se realizó posteriormente la prueba Scheffé, la cual mostró que el grupo transparente se distancia de los demás, mostrando diferencia estadísticamente significativa con respecto a todos los demás grupos de colores (Tabla 4). Se observó que el color azul se diferencia significativamente del rosa. Todos los demás colores no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Al llevar los resultados al gráfico, se observa que el grupo transparente saca una ventaja apreciable sobre los demás grupos de colores, los cuales se les observa que tienen valores sin mayor diferencia estadística, a excepción del grupo rosa, el cual arroja un valor inferior con respecto al resto (Figura 2). Para el análisis de la decadencia de fuerza tomamos las medias de la fuerza tanto inicial como final obtenida de todos los grupos de colores, y mediante la aplicación de la prueba T de muestras relacionadas, se define que existen diferencias estadísticamente significativas entre todas ellas (Tabla 5).

Visualizando gráficamente esto, podemos observar que la fuerza inicial en comparación con la final de cada grupo de color, observando que todos los grupos dieron diferencias estadísticamente significativas entre las fuerzas iniciales y las finales (Figura 3). Se aprecia que en el grupo transparente su fuerza decayó de 451 a 174 g en el transcurso de los 21 días que duró la prueba.

Esa reducción de fuerza que experimentaron los grupos fue llevada a valores de porcentaje obteniendo datos estadísticos descriptivos de cada grupo de color.

A estos datos también se le realizó una prueba ANOVA de una vía, y el resultado indicó que

Tabla 5. Pruebas de T de Student medidas iniciales y finales.

Ligas	Inicial	Final	Valor P
Transparente	451 ± 2.9	174 ± 10.5	.0001
Plata	424 ± 5	148 ± 5.6	.0001
Purpura	446 ± 4	148 ± 8.2	.0001
Azul	452 ± 3.2	156 ± 12.7	.0001
Rosa	409 ± 2.4	133 ± 5.6	.0001
Rojo	442 ± 2.1	146 ± 8	.0001

existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Tabla 6).

Al aplicar la prueba *Scheffé* a las medias de decadencia de fuerza de todos los grupos, vemos que sólo el grupo transparente presenta diferencias significativas con el resto, quedando estos grupos de colores, plata, púrpura, azul, rosa y rojo, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Tabla 7).

Al llevar los resultados al gráfico, se aprecia la diferencias tanto de fuerza inicial como final de cada grupo, y su relación entre ellos. se observo la ventaja sobre los demás grupos tanto en su fuerza inicial como final una vez transcurridas tres semanas en boca. Se observo también el comportamiento del grupo azul, que después de haber tenido la media más alta de todos los grupos, en su media final pasa a un segundo puesto, detrás del grupo transparente y nivelado con los restantes grupos de colores.

Discusión

Hasta la actualidad, se han realizado muy pocos estudios acerca de la influencia del pigmento en la fuerza de desintegración de las cadenas elastoméricas. Algunos autores también obtuvieron algunos resultados con diferencias apenas perceptibles con respecto al color de las cadenas por ellos estudiadas. Por el contrario, algunos artículos recientes han mostrado diferencias en las fuerzas iniciales y el decaimiento de esta con relación a las diferentes marcas de cadenas elastoméricas.^{4,5,7}

Por otra parte, se ha demostrado que la humedad y la temperatura juegan un papel importante al influir en los valores de decadencia de fuerza de las cadenas elastoméricas.¹⁰

Grupo	Media	Desv.tip.	Mínimo	Máximo
Transparente	-61.29	2.42	-63.92	-56.7
Plata	-65.21	1.07	-67.22	-64.04
Purpura	-66.83	1.85	-69.07	-63.6
Azul	-65.5	2.78	-71.11	-61.45
Rosa	-67.51	1.28	69.02	-65.05
Rojo	-67.06	1.87	-69.4	-63.6

Tabla 6. Análisis estadístico con los resultados de decaimiento de fuerza, se obtuvo los datos estadísticos descriptivos de media, mediana y desviación estándar, el intervalo de confianza al 95% para la media, el valor mínimo y máximo de cada grupo, y resultados de la prueba ANOVA para las cadenas de colores.

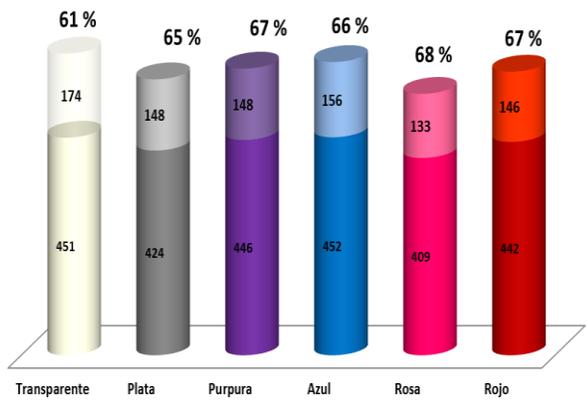


Figura 3. Se puede observar que la fuerza inicial en comparación con la final de cada grupo de color, observando que todos los grupos dieron diferencias estadísticamente significativas entre las fuerzas iniciales y las finales.

Este último punto sirvió de referente para tomar la decisión de realizar un estudio in vivo acerca de las propiedades de fuerza de las cadenas de colores, debido a que se acercó lo más posible a resultados fiables, y el medio bucal nos ofrecía condiciones de temperatura, humedad, microbiología, y hasta luz, muy difíciles de duplicar fuera de esta.

El estiramiento elástico es un proceso reversible que se produce cuando una carga aplicada provoca que las moléculas de polímero individuales se desenrollan, enderezarse y extenderse. Pero cuando se mantiene la carga, las moléculas de polímero se deslizan una sobre otra dando como resultado que la fuerza entregada por la cadena se reduzca irreversiblemente lo que conduce a la deformación elástica.⁶ Además, la adición de pigmento altera la configuración molecular que resulta en la interferencia estérica, el cual es el efecto cuando el volumen ocupado por parte de una molécula impide que otra parte de la misma reaccione.

Grupos		Diferencias de medias	Valor P
Transparente	Plata	26.87	.000 ⁺
	Purpura	26.5	.000 ⁺
	Azul	18.62	.009 ⁺
	Rosa	41.62	.000 ⁺
	Rojo	28.8	.000 ⁺
Plata	Transparente	-26.87	.000 ⁺
	Purpura	-0.37	1
	Azul	-8.25	.624
	Rosa	14.7	.067
	Rojo	2	.999
Purpura	Transparente	-26.5	.000 ⁺
	Plata	-0.37	1
	Azul	-7.87	.669
	Rosa	15.12	.056
	Rojo	2.3	.998
Azul	Transparente	-18.62	.009 ⁺
	Plata	8.25	.624
	Purpura	7.87	.669
	Rosa	23	.001 ⁺
	Rojo	10.25	.382
Rosa	Transparente	-41.62	.000 ⁺
	Plata	-14.75	.067
	Purpura	-15.12	.056
	Azul	-23	.001 ⁺
	Rojo	-12.7	.160 ⁺
Rojo	Transparente	-28.87	.000 ⁺
	Plata	-2	.999
	Purpura	-2.3	.998
	Azul	-10.25	.382
	Rosa	12.75	.160

+ significativa

Tabla 7. Resultados para la prueba Scheffé para decaimiento de fuerza. Se pueden observar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de colores.

Con estos antecedentes se esperaba que el grupo de cadenas elastoméricas transparentes, al carecer de pigmentación diera los resultados más idóneos con respecto a fuerza inicial, fuerza final, y el decaimiento de la fuerza. Esto efectivamente sucedió en casi todos los campos de fuerza estudiados, quedando sólo relegado en la media de la fuerza inicial, en la cual fue desplazado por el grupo azul, por apenas 1 gramo de fuerza (451 gramos que arrojó la media del grupo Transparente versus 452 gramos que arrojó el grupo Azul) no representando esto una diferencia estadísticamente significativa.

En el análisis de la fuerza inicial, se observó que los grupos de colores transparente, púrpura y azul presentan los valores más altos del estudio, no presentando diferencias estadísticamente significativas entre ellos, mas sí presentan los grupos de colores con menores valores de fuerza inicial que son el plata, rojo y rosa. Esto fue un valor

no esperado del todo, ya que en base a los estudios previos de Stroede,² Lu,⁷ Baty,⁴ Antony,⁹ en donde las cadenas elastoméricas sin pigmentación siempre lideraban los valores de iniciales en sus estudios.

En los valores de fuerza final se observa un repunte del grupo de cadenas Transparente, el cual expresa diferencia de media de más de 20 gramos (174 gramos) de fuerza con respecto al grupo más cercano, que fue el grupo Azul (156 gramos). Cabe destacar que el grupo Transparente presenta diferencias estadísticamente significativas con todos los demás grupos.

El resto de grupos de colores, los que sí presentan pigmentación, no presentan diferencias significativas entre ellos, a excepción del grupo Azul con el grupo Rosa, pero esta diferencia está apenas en la frontera de la significancia. Los resultados del estudio coinciden con los autores Josell y cols. y Baty y cols.⁶ que describieron la degradación de la fuerza de la cadena elastomérica durante su utilización.

Podemos apreciar en el estudio los valores superiores del grupo de cadenas elastoméricas transparentes, las cuales se encuentran libres de pigmentos. Este grupo expreso significancia estadística con el resto de cadenas pigmentadas. Estos valores inferiores de los grupos de cadenas pigmentadas por debajo del grupo transparente podrían atribuirse a los materiales de relleno usados para pigmentar las cadenas. Esto fue reportado por Williams y Von Fraunhofer,¹² por lo que nuestros resultados coinciden con los de estos autores.

Referencias Bibliográficas

1. Uribe G. Ortodoncia Teoría y Clínica. 2da ed. Medellín, Colombia.: Corporación Para Investigaciones Biológicas. 2010.
2. Stroede C, Sadek H, Navalgund A, Kim D, Johnston M, Schrickler S, Brantley W. Viscoelastic properties of elastomeric chains: An investigation of pigment and manufacturing effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 141: 315-26.
3. De Genova D, McInnes-Ledoux P, Weinberg R, Shaye R. Force degradation of orthodontic elastomeric chains –A product comparison study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1985; 87 (5):377-84.
4. Baty D, Storie D, Von Fraunhofer J. Synthetic elastomeric chains: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994; 105: 536-42.
5. Ash J, Nikolai R. Relaxation of orthodontic elastomeric chains and modules in vitro and in vivo. *J Dent Res.* 1978; 57: 685-90.
6. Baty D, Volz J, Von Fraunhofer J. Force delivery properties of colored elastomeric modules. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994; 106: 40-6.
7. Lu C, Wang N, Tarng H, Chen W. Force decay of elastomeric chain--a serial study. Part II. *Am j orthod dentofacial Orthop.* 1993; 104: 373-7.
8. De Oliveira M, Mezzomo C, Castelo C, Werner S, Fortes C. Pigment effect on the long term elasticity of elastomeric ligatures. *Dental Press J. Orthod.* 2012; 17.
9. Antony P, Paulose J. An in-vitro study to compare the force degradation of pigmented and non-pigmented elastomeric chains. *Indian Journal Dental Research.* 2014; 25: 208-13.
10. Hershey H, Reynolds W. The plastic module as an orthodontic tooth-moving mechanism, 1989. *Am J Orthod,* 67, 554-62.
11. Josell S, Leiss J, Rekow E. Force degradation in elastomeric chains. *Semin Orthod.* 1997; 3: 189-97.
12. Williams J, Von Fraunhofer A. Degradation of the elastic properties of elastomeric chains. Thesis.Louisville, Kentucky:University of Louisville.1989.