

Fricción durante la retracción de caninos en ortodoncia: revisión de literatura

Liliana Camargo,¹ Sandra García,¹ Alejandro Peláez²
Claudia García,³ Giovanni Oberti⁴

Resumen

La ortodoncia no es ajena a la rápida implementación clínica de nuevas alternativas de biomateriales, aunque este hecho demuestra un vibrante trabajo por mejorar las condiciones de los pacientes, en algunas ocasiones solo es explicable por decisiones de mercado impuestas por las multinacionales. Los cambios más notables incluyen nuevos sistemas de adhesión de brackets, polímeros para ligado y nuevas combinaciones de materiales en el sistema bracket/alambre que buscan una menor fricción. El propósito de esta revisión es presentar el comportamiento friccional de diferentes aleaciones de brackets y alambres con o sin recubrimiento usados en ortodoncia y su influencia durante la retracción de caninos al usar la técnica friccional. Como conclusión general se encontró que el arco de alambre a escoger en la técnica friccional para la retracción debe ser el que produzca la menor fricción y mayor control del diente durante el movimiento, siendo la opción indicada los arcos cuadrados o rectangulares que no llenen totalmente la ranura del bracket. **Palabras clave:** fricción, retracción de caninos, materiales

Friction during canine retraction in orthodontics: literature review

Abstract

The purpose of this literature review was to present the frictional behavior of different alloys from brackets and wires with and without covering and their effect on canine retraction when using the frictional technique. In conclusion it is suggested that arch wires selected for retraction with the frictional technique should produce the smallest friction and have the longest control of tooth movement such as a square and rectangular arches which do not fill the bracket slot completely. **Key words:** friction, canine retraction, materials.

Introducción

La obtención de una terapia ortodóncica eficiente y eficaz se basa en un diagnóstico acertado y la buena respuesta biológica del paciente al diseño biomecánico propuesto por el ortodoncista, donde la selección de los materiales tiene un importante papel.¹

El tratamiento ortodóncico se divide en diferentes fases, entre las cuales se encuentra el cierre de espacios y la retracción de caninos, en las que los brackets se deslizan por el alambre para

guiar el movimiento dental, en esta técnica de deslizamiento, no toda la fuerza aplicada al diente produce movimiento, debido a que se presenta una fuerza friccional entre los materiales que se opone al movimiento dentario.¹

El propósito de esta revisión es presentar el comportamiento friccional de diferentes aleaciones de brackets y alambres con o sin recubrimiento usados en ortodoncia y su influencia durante la retracción de caninos al usar la técnica friccional.¹

1. Ortodoncista CES

2. Docente CES, Estudiante PhD. Universidad de Porto. Portugal

3. Ingeniera PhD. Universidad Nacional. Medellín

4. Ortodoncista CES. Docente pregrado y postgrado CES

Velocidad del movimiento dental

El tratamiento de ortodoncia se divide en tres fases: alineación y nivelación, cierre de espacios y finalización. La fase de cierre de espacios en algunos casos puede ser en una fase o en masa (retracción de los seis dientes anteriores) o en dos fases, la primera para hacer la retracción de los caninos y la segunda para retraer los cuatro anteriores.¹

El movimiento ortodóncico durante el cierre de espacios se hace con dos tipos de mecánicas. La primera, es la mecánica no friccional, con resortes tipo ansas, en donde los dientes se desplazan tras la activación de estas y no se genera desplazamiento del bracket sobre el alambre. La segunda, es la mecánica friccional, que implica desplazar los brackets a lo largo de un arco de alambre presentándose fuerza friccional, la cual se define como la resistencia al movimiento cuando un cuerpo sólido se desliza o tiende a deslizarse sobre otro, es un factor que interviene en todas las formas

de deslizamiento mecánicos, como en la retracción del canino hacia el espacio de una extracción.¹

La fricción se puede presentar de dos maneras, la fricción estática que produce resistencia al movimiento y fricción cinética o dinámica que indica la resistencia que existe durante el movimiento. La fuerza de rozamiento entre dos cuerpos no depende solamente del área de superficie de contacto entre ellos, sino también de la naturaleza de las superficies de contacto y su rugosidad.²

En ortodoncia se utilizan técnicas que buscan un máximo control sobre el movimiento de los dientes. Muchas variables de naturaleza mecánica y biológica han demostrado afectar la magnitud de la fricción en el movimiento, estas pueden ser: coeficiente de fricción o fuerza externa normal, cuando se ejercen fuerzas de deslizamiento. Uno de los múltiples factores a considerar en la selección del material ideal, es optar por uno que genere menor fuerza friccional.¹ (Tabla 1)

Tabla 1. Factores asociados a la fricción en ortodoncia

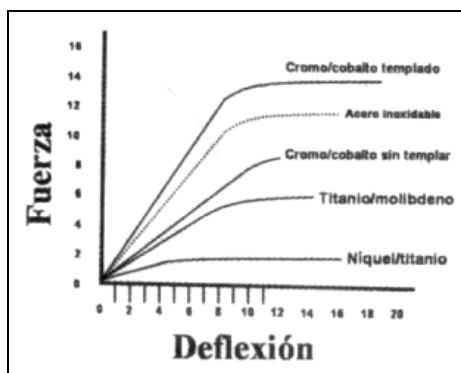
FACTORES MECÁNICOS	OBSERVACIONES
Aleación del alambre	Se ve afectada debido a que cada material tiene un coeficiente de fricción. ³
Tamaño y la forma del alambre	Los alambres de diámetros cercanos al tamaño de la ranura utilizada producen más fricción que los alambres de diámetros pequeños. ⁴
Tipo de ligadura	Depende de la fuerza de deslizamiento entre las superficies juntas. ³ Las ligaduras elásticas recubiertos con polímero producen 50% menos fricción que los otros métodos de ligado. ⁵ Las ligaduras de acero inoxidable recubiertas de teflón producen menos fricción que las ligaduras elásticas. ⁶
Angulación bracket-alambre	La resistencia friccional aumenta con la angulación. ¹
Aleación del bracket	Los brackets de acero inoxidable producen menos fricción con el desplazamiento que los brackets cerámicos y plásticos. ⁷
FACTORES BIOLÓGICOS	OBSERVACIONES
Saliva y película adquirida	Disminuyen la fricción, al crear puentes entre las superficies ásperas. ⁴

Materiales que condicionan la fricción

A. Alambres

Entre las propiedades del alambre ideal tenemos la resistencia a la fractura, elasticidad, moldeabilidad, la carga deflexión (Gráfico.1), costo, resistencia a la corrosión, estética y biocompatibilidad.⁸

Gráfico. 1. Curva Carga – Deflexión
Tomado de Uribe, G. Ortodoncia Teoría y Clínica. Editorial CIB.
ED 1; Cáp. 11



Hay varios factores que afectan y prolongan el tiempo de tratamiento, al hacer movimientos de deslizamiento, se expresan con la siguiente fórmula: $Fr = \mu \cdot N$ donde,
 μ : Coeficiente de fricción del alambre y del bracket
 N : fuerza normal

Nishio y Clarice⁹ evaluaron el comportamiento de diferentes alambres encontrando que el beta-titanio mostró una fuerza friccional más alta, seguido por el de níquel-titanio y por el acero inoxidable. El valor de la fuerza friccional era directamente proporcional al aumento de la angulación entre la ranura del bracket con el alambre. Cacciafesta Vittorio y Loftus^{10,11} concluyeron que no hay diferencias significativas entre los alambres de acero inoxidable y los de níquel-titanio.

Al evaluar el comportamiento de la fricción entre diferentes calibres de alambres, Vaughan y Kapila^{12,13} encontraron que para todos los tamaños de alambres se generaron fuerzas friccionales más bajas para los de acero inoxidable y los de cromo cobalto y fuerzas friccionales más altas para los de titanio o níquel-titanio. Adicionalmente mostraron que al aumentar el área de superficie de contacto aumentaba la fricción.

Existen diferentes formas para modificar las superficies del alambre con implantación de recubrimiento de carbón y deposición de plasma, Kusy evaluó la resistencia a la fricción de alambres de acero inoxidable, beta-titanio y estos mismos recubiertos de alúmina cristalina encontrando que los alambres recubiertos tenían menor resistencia a la fricción al ser comparados con acero y beta-titanio sin recubrir.

Redlich¹⁵ quiso reducir la fricción al recubrir alambres con nanopartículas inorgánicas de tungsteno, evaluó alambres de acero inoxidable sin recubrir y alambres de acero inoxidable recubiertos encontrando que las fuerzas friccionales se redujeron en el recubierto en un 54%, concluyendo que alambres recubiertos con tungsteno reducen la fuerza friccional durante el movimiento ortodóncico.

Zufall⁸ propuso una mecánica de deslizamiento in Vitro para evaluar el comportamiento del recubrimiento poly (Chloro-p-xylylene) sobre alambres resinosos ortodóncicos, al combinarlos con brackets de acero inoxidable y cerámicos con slot 0.022, con y sin angulación, encontrando que el coeficiente de fricción se comporta igual que un alambre y bracket convencional y que el recubrimiento poly penetra y refuerza las fibras de vidrio dentro del alambre, logrando que permanezca sin daños.

Otra ventaja de los alambres recubiertos es su utilidad en pacientes alérgicos al níquel, ya que al comparar acero inoxidable, nitinol y alambres recubiertos con epóxica, se encontró una disminución en la corrosión en los alambres que fueron recubiertos.¹⁶ Entre otras características de los alambres se encontró que el acero inoxidable tiene la más alta fuerza tensil y menor fricción, mientras que el TMA tiene la mejor carga deflexión, menor rigidez pero por su superficie rugosa es una aleación que aumenta la fricción¹⁷.

En un intento por mejorar las propiedades friccionales que se presentaban entre la cupla bracket de acero inoxidable y alambre de TMA (titanio molibdeno), Sahagian¹⁸ propuso dos recubrimientos de Iridio (metal duro e inerte) y nitruro de cromo sobre el TMA, encontrando que ambos presentaban adecuada adhesión al alambre, disminuían la fricción y mejoraban el deslizamiento, pero al ser sometidos a dobleces, el nitruro de cromo demostró ser quebradizo, mientras que el Iridio no fue alterado.

Neumann evaluó en un estudio in Vitro la corrosión de ocho alambres recubiertos (5 níquel-titanio, 2 TMA y 1 acero inoxidable), las superficies fueron modificadas por tres métodos teflón, polietileno e implantación iónica, encontrando que el teflón previene la corrosión.¹⁹

El recubrimiento también ha sido utilizado para crear propiedades antibacteriales y antiadherentes a los alambres ortodóncicos, esto se concluyó al modificar la superficie del alambre de acero inoxidable con óxido de titanio fotocatalítico por medio del método de sol-gel, encontrando que este recubrimiento rompe la pared bacteriana y evita el desarrollo de placa bacteriana durante el tratamiento ortodóncico.²⁰

En la actualidad, la investigación en biomateriales para la fabricación de brackets y arcos apunta al desarrollo de materiales que optimicen los resultados del tratamiento ortodóncico disminuyendo la fricción. Scott⁸ evaluó diferentes alambres recubiertos, encontrando que los arcos con recubrimiento tienen un 72% más de posibilidad de tener una resistencia a la fricción más alta que los alambres sin recubrimiento. Por lo tanto los recubrimientos son considerados como el mejoramiento clínico de los arcos de alambre en ortodoncia para disminuir la fricción.

Por lo anterior es importante desarrollar nuevos alambres que generen menor fricción, tal es el caso de alambres con recubrimiento epóxico que al ser combinados con los brackets de acero inoxidable mostraron menor fricción.²¹

Husmann²² estudió in Vitro el comportamiento friccional de 8 alambres (5 níquel-titanio, 2 TMA y 1 acero inoxidable) recubiertos con teflón, polietileno e implantación iónica, durante la retracción de caninos superiores, encontrando que todos los alambres recubiertos disminuyen la fricción al ser comparado con los alambres sin recubrimiento, además la fricción también dependerá del tipo de recubrimiento; concluyendo que la menor fricción se presentó en recubrimientos de teflón.

B. Brackets

En términos de fricción es conveniente el uso de brackets de acero inoxidable, que al ser usados con arcos de la misma aleación, disminuirán la fuerza friccional.⁴ La fricción está directamente influenciada por la aleación de los brackets, el uso de brackets cerámicos

dificulta notablemente el movimiento, debido a la alta fricción que se presenta entre la ranura del bracket y el alambre, por tal motivo los brackets cerámicos tienen incorporado ranuras metálicas disminuyendo la fricción en el deslizamiento, sin perder la estética que estos ofrecen.^{1,23-25}

Comercialmente existen muchas clases de brackets cerámicos, siendo los brackets estéticos con una capa de sílice los únicos que muestran mínima fuerza friccional, comparable a los brackets convencionales de acero inoxidable.²⁴

Todos los brackets muestran fuerzas friccionales estáticas y cinéticas más altas a medida que aumenta el tamaño del alambre¹⁰ y el coeficiente friccional es independiente de la rugosidad del alambre.²⁵ El movimiento en ortodoncia puede verse afectado por factores que incrementan la fuerza friccional como puede ser la resistencia al deslizamiento que generalmente aumenta con la angulación.²⁶

En este momento, ha aumentado el uso de brackets de autoligado, que han demostrado tener más baja fuerza friccional que los brackets preajustados al ser combinados con diferentes alambres.²⁷

Mecánica de deslizamiento o técnica friccional

Los sistemas mecánicos con fricción son los más comunes, para lo cual se usa en brackets con slot 0.018''x 0.025'' ó 0.022''x 0.028'', con arcos rígidos continuos y de acero inoxidable.²¹

A continuación citamos algunos de los arcos de acero inoxidable utilizados para la retracción de caninos y sus características

- 0.016'' : Arco de alambre mas usado, tiene poco control bucolingual²⁸
- 0.016''x 0.016'' : Es el mejor para técnica friccional, buen control bucolingual y mesiodistal, debido a que el tamaño del alambre ocupa mayor superficie de la ranura. ²⁸
- 0.016''x 0.022'' : Mayor control bucolingual-mesiodistal. ^{29,30}
- 0.019'' x 0.025'' : Para la retracción en masa de los seis anteriores.³⁰

Los dientes experimentan dos momentos, uno que rota y otro que causa inclinación distal de la corona, el momento de rotación es indeseable, pero la inclinación

contribuye a la retracción, la inclinación produce una deflexión del alambre el que origina el momento o cupla que produce el torque radicular. Esto depende del tamaño, forma y material del alambre, en la medida que sea mayor la carga deflexión del alambre mayor será la fuerza resultante de esta deflexión y por lo tanto mayor momento.¹

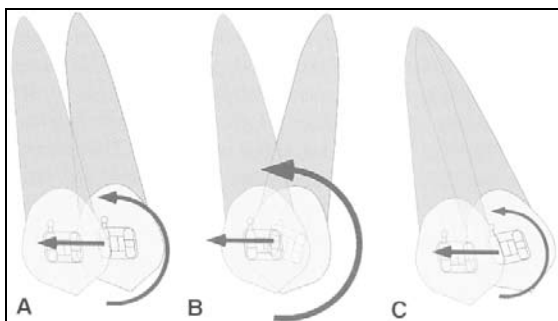
Esto fue demostrado en un estudio de elementos finitos, al analizar el movimiento del caninos en mecánicas de deslizamiento, donde la deformación elástica del alambre incrementa y el patrón de movimiento del canino cambia de movimiento en cuerpo a inclinación si el tamaño del alambre es menor, la deformación se incrementa y el canino se inclinará, por lo tanto lo más conveniente es determinar la rigidez del alambre, determinado por el tamaño y la aleación de este y así lograr un movimiento en cuerpo.³¹

Al evaluar in Vitro la fuerza friccional de diferentes materiales de alambres durante la retracción de caninos encontraron en una ranura 0.018'' x 0.025'' que el acero inoxidable 0.016'' x 0.022'' fue el que menor fricción produjo seguido por el de Nitinol 0.016'' x 0.022'' y el de mayor fricción fue el de TMA 0.016'' x 0.022''.³²

Técnica friccional para retracción de caninos

Para iniciar la fase de retracción de caninos, los arcos deben estar perfectamente alineados y nivelados y así minimizar los efectos de la fricción, los cuales incrementan la fuerza y pérdida de anclaje. Esta retracción involucra una fase inicial de inclinación coronal seguida de verticalización de raíz (Ver Fig. 1).⁵

Fig. 1. Retracción canino superior
Tomado de Biomechanics and esthetics strategies in clinical orthodontics. Nanda 2005



La retracción de caninos se puede hacer con diferentes mecánicas 5:

- Cadenas elásticas. Es el más usado en ortodoncia por la facilidad, la rapidez y costo. La fuerza que entregan no permanece constante, sino que disminuye en un 50% a las 24 horas. Utilizan aproximadamente, de 180 a 250 gramos de fuerza, en cada lado. Deben cambiarse cada mes.
- Resortes metálicos cerrados (Acero inoxidable y NiTi). Se usan menos que las cadenas elásticas, pero liberan fuerzas de intensidad baja y continua por largo tiempo. Los resortes de A-NiTi tienen memoria y son superelásticos, por lo que no necesitan de activaciones frecuentes.
- Resortes metálicos abiertos (Acero inoxidable y NiTi). Se ponen comprimidos sobre alambres rígidos entre el lateral y el canino maxilar, pero son poco usados por los efectos adversos en el área de reacción.
- El resorte de NiTi ha demostrado que produce fuerzas constantes en diferentes longitudes sin decaer, al ser comparado con elásticos convencionales el movimiento semanal con el resorte de NiTi fue de 0.51 mm y con el convencional de 0.27 mm.³³
- Elásticos intramaxilares de clase I. Se utilizan desde el gancho de los tubos de los molares en la parte posterior hasta el ala distal de los brackets de los caninos del mismo arco. El uso prolongado produce inclinaciones y rotaciones severas indeseadas. Los más utilizados son los de ¼ de pulgada y 6 onzas de fuerza, un promedio de 180 gm por lado y deben cambiarse cada 24 horas.
- Elásticos intermaxilares de clase II. Ocasionan extrusión de caninos maxilares y molares mandibulares, porque producen fuerzas horizontales y verticales. Se deben utilizar sobre alambres rígidos para evitar rotaciones.
- Fuerzas magnéticas (Imanes de cobalto). Vienen por pares y se colocan por mesial de los caninos maxilares, con los dos polos iguales en contacto para que se rechacen, también pueden usarse por atracción.³⁴ Producen 200 gramos de fuerza promedio y se activan cada mes para mantener niveles constantes.

Las últimas tres técnicas de retracción de caninos descritas anteriormente para retraer los caninos, pueden producir efectos de reacción o efectos secundarios. En algunos casos es ideal realizar el cierre individual de caninos y luego el cierre de los dientes anteriores debido a que es menos perjudicial para el anclaje.

Una fuerza ideal debe cumplir los siguientes criterios:

1. Proveer una fuerza óptima para el movimiento dental que produzca los efectos deseados.
2. Ser cómoda e higiénica para el paciente.
3. Que requiera el menor tiempo de silla y del ortodoncista.
4. Mínima cooperación del paciente.
5. Económica.

Conclusiones

En ortodoncia se busca minimizar el tiempo de tratamiento, lo cual se puede lograr disminuyendo la fricción con mayor control tridimensional del diente, y esta puede lograrse usando aleaciones de acero inoxidable con recubrimiento en la superficie, para reducir la fricción logrando movimientos dentales más controlados y eficientes.

En la técnica friccional, durante la retracción de los caninos se produce un movimiento de inclinación coronal y luego uno de inclinación radicular para lograr la distalización del diente, esta inclinación se disminuye con el aumento del calibre del alambre pero se afecta por un aumento de fricción lo que requiere una mayor fuerza para el desplazamiento. El arco de alambre a escoger en la técnica friccional para la retracción debe ser el que produzca la menor fricción y mayor control del diente durante el movimiento, siendo la opción indicada los arcos cuadrados o rectangulares que no llenen totalmente la ranura del bracket.

Agradecimientos

Dr. Diego Rey Mora, Ortodoncista, Jefe Postgrado Ortodoncia CES
Dr. Gonzalo A. Uribe, Ortodoncista, Docente CES
Dr. Juan Fernando Aristizabal, Ortodoncista, Jefe Postgrado Ortodoncia Universidad del Valle

Referencias

1. Uribe, G. Ortodoncia Teoría y Clínica. Editorial CIB. Ed 1; Cap 11.
2. Tselepis M. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and arch wires. *Am J Orthod* 1994; 106: 131-138.
3. Kusy RP, Whitley JQ. Effects of surface roughness of orthodontic system. *J. Biomech* 1990; 9: 913-925.
4. Taylor NG, Ison K. Frictional resistance between orthodontic brackets and archwires in the buccal segments. *The angle orthod* 1996; 66: 215-222.
5. Max H. A comparison of different ligation methods on friction. *Am J Orthod* 2006; 130: 666-670.
6. De Franco DJ. Frictional resistances using Teflon-coated ligatures with various bracket-archwire combinations. *The Angle Orthod* 1995; 65: 63-72.
7. Kusy RP. Frictional resistances of metal-lined ceramic brackets Vs Conventional stainless steel brackets and development of 3-D friction maps. *The Angle orthod.* 2001; 71: 364-374
8. Zufall. Sliding mechanics of coated composite wires and the development of an engineering model for binding. *The Angle Orthod* 2000; 70: 34-47.
9. Nishio Clarice. In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets. *Am J Orthod* 2004; 125: 56-54.
10. Cacciafesta Vittorio. Evaluation of friction of conventional and metal-insert ceramic brackets in various bracket-archwire combinations. *Am J Orthod* 2003; 124: 403-409.
11. Loftus B. Evaluation of friction during sliding tooth movement in various bracket-arch wire combinations. *Am J Orthod* 1999; 116: 336-45.
12. Vaughan J. Relative kinetic frictional forces between sintered stainless steel brackets and orthodontic wires. *Am J Orthod* 1995; 107: 20-27.
13. Kapila S. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. *Am J Orthod* 1990; 98: 117-126.

14. Kusy RP. Coefficient of Friction Characterization of Surface-Modified Polycrystalline Alumina. *Journal of the American Ceramic Society* 1993; 76: 336-340.
15. Redlich M. A Novel Friction-Reduced Orthodontic Archwire Coated with Fullerene-like Nanoparticles. *Dental Materials. The Preliminary Program for the Annual Meeting of the Israeli Division of the IADR* 2006; 220.
16. Kim Hera. Corrosion of stainless steel, nickel titanium, coated nickel titanium and titanium orthodontic wires. *The Angle Orthod* 1999; 69: 39-44.
17. Krishnan Vinod. Mechanical properties and surface characteristics of three archwire alloys. *The Angle Orthod* 2004; 74: 825-831.
18. Sahagian Hard . Low-Friction Coatings for Orthodontic Devices
Transactions from the Society for Biomaterials 25th Annual Meeting Implant Sciences Corporation.
19. Neumann. Corrosion and permanent fracture resistance of coated and conventional orthodontic wires. *Journal of materials science. Materials in medicine* 2002 ; 13: 141-147.
20. Chun. Surface Modification of Orthodontic Wires with Photocatalytic Titanium Oxide for its Antiadherent and Antibacterial Properties. *The Angle Orthod* 2007; 77: 483-488.
21. Clocheret K. Dynamic Frictional behaviour of orthodontic archwires and brackets. *European Journal of orthodontics* 2004; 26: 163-170.
22. Husmann P. The frictional behavior of coated guiding archwires. *Orofac Orthop* 2002; 63: 199-211.
23. Kapur Rupali Pramod. Comparison of frictional resistance in titanium and stainless steel brackets. *Am J Orthod* 1999; 116: 271-274.
24. Jung-Yui. Friction of conventional and Silica-insert Ceramic Brackets in Various Brackets-Wire Combinations. *The Angle Orthod* 2007; 77: 100-107.
25. Kusy RP. Comparisons of surface roughnesses and sliding resistances of 6 titanium-based or TMA-type archwires. *Am J Orthod* 2004; 126: 589-603.
26. Thorstenson G, Kusy R. Influence of Stainless Steel Inserts on the Resistance to Sliding of Esthetic Brackets with Second-Order Angulation in the Dry and Wet States. *The Angle orthod* 2003; 73: 167-175.
27. Thomas. A Comparative in vitro study of the frictional characteristics of two types of self-ligating brackets and two types of pre-adjusted edgewise brackets tied with elastomeric ligatures. *European J Orthod* 1998; 20: 589-596.
28. Kojima Y. Numerical simulation of canine retraction by sliding mechanics. *Am. J Orthod* 2005; 127: 542-551.
29. Braun S. On the management of extraction sites. *Am J Orthod* 1997; 112: 645-655.
30. Lawrence P. Canine retraction: A comparison of two preadjusted bracket systems. *Am J Orthod* 1996; 110: 191-196.
31. Kojima Y. The effects of friction and flexural rigidity of the archwire on canine movement in sliding mechanics: A numerical simulation with a 3-dimensional finite element method. *Am J Orthod* 2006; 130: 275-280.
32. Gamer . A comparison of frictional forces during simulated canine retraction of a continuous edgewise arch wire. *Am J Orthod* 1986; 90: 199-203.
33. Sonis AL. Comparison of NiTi coil springs vs. elastics in canine retraction. *J Clin Orthod* 1994; 28: 293-295.
34. Daskalogiannakis J, McLachlan KR. Canine retraction with rare earth magnets: an investigation into the validity of the constant force hypothesis. *Am J Orthod* 1996; 109: 489-95.

Correspondencia:
lilicc@terra.com.co

Recibido para publicación: Junio de 2006
Aprobado para publicación: Noviembre de 2006