

Comparación de la fuerza de adhesión y el tipo de falla entre dos cementos de resina para ortodoncia

Bond Strength and Failure Mode Comparison between Two Resin Cements for Orthodontics

31

Univ Odontol. 2011 Jul-Dic; 30(65): 31-39. ISSN 0120-4319

DOSSIER AVANCES EN MATERIALES DENTALES

Andrea Marcela Caballero Pachón

Odontóloga, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Especialista en Ortodoncia, Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

César Augusto Bincos Uribe

Odontólogo, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Especialista en Ortodoncia, Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

Jaime Andrés

Fernández Izquierdo

Odontólogo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Especialista en Ortodoncia, Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

Jaime Rodrigo Rivera Barrero

Odontólogo, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Magister en Ciencias (Biomateriales), University of Alabama, Birmingham, EE. UU. Profesor asistente, comité de investigación, Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Director del trabajo.

Eliana Midori Tanaka Lozano

Odontóloga, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Especialista en Ortodoncia, Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Doctorado (PhD), investigadora visitante, Department of Craniofacial Growth and Development Dentistry, Research Institute for Occlusion Medicine, Kanagawa Dental College, Yokosuka, Japón. Profesora asociada, comité de investigación, Fundación CIEO, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Directora del trabajo.

RESUMEN

Antecedentes: los cementos de resina acrílica se han utilizado durante más de cincuenta años en las diferentes áreas de la odontología; sin embargo, la aplicabilidad clínica de las nuevas formulaciones específicas para ortodoncia aún está por determinarse. **Objetivo:** comparar la fuerza y el tipo de falla adhesiva de dos tipos de resinas cementantes para ortodoncia. **Métodos:** Se dividieron aleatoriamente veinticuatro primeros premolares superiores en dos grupos: doce para el grupo de resina compuesta (Transbond® XT, 3M Unitek, St. Paul, Minnesota, EE. UU.) y doce para el grupo de resina acrílica (Orthomite® Sun Medical, Miroyama, Japón). A estos dientes se les cementaron brackets estándar (Ortho Organizers, California, EE. UU.) y después de veinticuatro horas fueron sometidos a 5000 ciclos térmicos. Posteriormente se aplicó una fuerza de corte (velocidad 1,5 mm/min) en la interfase bracket-esmalte utilizando un dispositivo universal de pruebas (Instron®). Los datos fueron calculados en megapascales, dividiendo la fuerza por el área de la base del bracket. Finalmente, a fin de determinar el tipo de falla, las superficies de los dientes y las bases de los brackets, se analizaron utilizando un estereomicroscopio (Stemi 2000C, Carl Zeiss, Göttingen, Alemania). **Resultados:** en cuanto a fuerza adhesiva, la resina compuesta presentó mayores valores que la resina acrílica (21,4 MPa vs. 18,4 MPa), sin ser esta una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$). El tipo de falla predominante fue en la interfase resina-resina (92% y 58%, respectivamente). **Conclusión:** la fuerza adhesiva de ambos cementantes fue similar; por lo tanto, ambos materiales podrían ser recomendados para la cementación de brackets en ortodoncia.

PALABRAS CLAVE

Ortodoncia, resina acrílica, resina compuesta, fuerza de adhesión, tipo de falla.

ÁREA TEMÁTICA

Materiales dentales, ortodoncia.

ABSTRACT

Background: Dental acrylic resin cements have been used in different clinical situations during the last fifty years. However, the clinical applicability of the new specific formulations for orthodontics has not been determined yet. **Objective:** To compare the bond strength and failure mode of two types of orthodontic resin cements. **Methods:** 24 human first premolars were randomly assigned into two groups: 12 for a composite resin (Transbond™ XT, 3M Unitek, St. Paul, Minnesota, USA) and 12 for an acrylic resin (Orthomite™, Sun Medical, Miroyama, Japan). Standard brackets (Ortho Organizers, California, USA) were cemented and after 24 hours submitted to thermal cycling of 5000 times. Subsequently, shear bond strength tests were performed applying the force at the bracket/enamel interface using the universal testing machine Instron™ (crosshead speed of 1.5 mm/min). Data were calculated in MPa by dividing the force by the area of the bracket base. Finally, enamel surfaces and bracket bases were observed using a stereomicroscope (Stemi 2000C, Carl Zeiss, Göttingen, Germany) in order to determine the failure mode. **Results:** The results in terms of bond strength showed no statistical significant difference ($p > 0.05$) between the two resin cements, presenting higher values the composite resin than the acrylic resin (21.4 MPa vs. 18.4 MPa). The predominant failure modes presented for both systems were at the resin-resin interface (92% and 58% respectively). **Conclusion:** The bond strength of two types of resins was similar, therefore both materials might be recommended for the cementation of orthodontic brackets.

KEY WORDS

Orthodontics, acrylic resin, composite resin, bond strength, failure mode.

THEMATIC FIELD

Dental materials, orthodontics.

Artículo correspondiente al trabajo de grado de los tres primeros autores para optar al título de especialista en Ortodoncia, Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Título original: "Comparación de la resistencia a la descementación y el tipo de falla utilizando dos diferentes materiales cementantes en ortodoncia".

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Caballero AM, Bincos CA, Fernández JA, Rivera JR, Tanaka EM. Comparación de la fuerza de adhesión y el tipo de falla entre dos cementos de resina para ortodoncia. Univ Odontol. 2011 Jul-Dic; 30(65): 31-39.

Recibido para publicación: 29-06-2011

Aceptado para publicación: 03-10-2011

Disponible en <http://www.javeriana.edu.co/universitasodontologica>

INTRODUCCIÓN

Desde su inicio, uno de los grandes desafíos que ha tenido la ortodoncia es la constante búsqueda de sistemas que garanticen la permanencia de los *brackets* sujetos a los dientes, para que las fuerzas aplicadas se mantengan constantes y no se interrumpan por su descementación. A partir del siglo XVIII se utilizaron las bandas como método de fijación de *brackets*, para solucionar apiñamientos dentales en ortodoncia,¹ pero a través del tiempo fueron remplazadas por diferentes sistemas adhesivos que presentan mayores ventajas como estética, fácil remoción, menor lesión a tejidos periodontales, que facilitan la higiene oral del paciente.

A partir de ello se han desarrollado diferentes alternativas, tanto en el área de laboratorio como en la clínica, durante las últimas décadas. Actualmente, se usan dos tipos básicos de resinas dentales: acrílicas o de diacrilato (compuestas); se atribuyen mejores propiedades físicas para la adhesión de *brackets* a las últimas.¹ El material cementante utilizado comúnmente en ortodoncia ha sido la resina compuesta. Este material se basa en una resina epóxica modificada o resina de Bowen.^{1,2} No obstante, con el constante desarrollo y optimización de las resinas acrílicas, en el mercado se encuentran nuevas formulaciones específicas para ortodoncia, las cuales están compuestas por monómeros de metilmetacrilato y polvo ultrafino.¹⁻³ La principal diferencia entre estos dos tipos de materiales cementantes es que la resina compuesta de fotopolimerización posee una matriz de refuerzo inorgánico.⁴

En 1971, Miura revoluciona la historia de la ortodoncia con el comienzo de la *era de la adhesión* e introduce la resina MMA-TTB (metilmetacrilato-tri-n-butilborano) Orthomite, ante la exigencia de encontrar un material adhesivo que pudiera removerse fácilmente de la superficie del esmalte sin agrietarlo. Poco después, en 1974, se presenta una versión mejorada: Orthomite IIS. En 1980, se añadió el monómero 4-META al monómero MMA para producir el adhesivo Super-Bond, que aumenta la resistencia a la descementación y a la microfiltración. Ello amplió las posibilidades de adhesión a metal, cerámica y *brackets* plásticos.^{2,5} Diversas investigaciones respaldan estos hallazgos.^{6,7}

Así, Orthomite™ se ha constituido en una resina acrílica de excelentes propiedades en cuanto a duración, resistencia a la descementación, menos fallas por desprendimiento del esmalte⁷ y buen comportamiento en condiciones de humedad y temperatura,⁸ para la adhesión a las superficies dentales (esmalte y dentina)

y a diferentes aleaciones metálicas y a la porcelana. Es el primer cementante para ortodoncia en Japón, que es relativamente desconocido en América.

Estudios recientes han reportado las ventajas de la resina acrílica Orthomite sobre las resinas compuestas, en cuanto a la resistencia adhesiva.^{9,10} En el 2006, Yamamoto y colaboradores,⁹ teniendo en cuenta variables como tiempo y resistencia a la descementación, reportaron valores más altos de resistencia transcurridas veinticuatro horas después de la polimerización con la resina acrílica Orthomite. Asimismo, Guan y colaboradores¹⁰ encontraron mayor resistencia a la descementación con este mismo material, al cementar *brackets* plásticos.

A pesar de que la resina acrílica para ortodoncia tiene gran aceptación en países como Japón y Estados Unidos, la aplicabilidad clínica de estos, relativamente, nuevos materiales aún está por determinarse, especialmente en Colombia, donde poca información científica se encuentra disponible al respecto.

Por todo lo anterior, surge la necesidad de buscar alternativas que solucionen efectos indeseados en la adhesión de *brackets* y motiva a comparar la resina compuesta de fotopolimerización (Transbond XT®), que comúnmente se utiliza y que ha presentado buenos resultados en la cementación de *brackets*, con la resina acrílica de autopolimerización (Orthomite®). Se decide evaluar la fuerza adhesiva y el tipo de falla que puede presentarse en estas dos resinas. Así, se pretende contribuir a la elección de materiales que conduzcan al éxito del ejercicio clínico y a la optimización de los tratamientos de ortodoncia.

El objetivo de este estudio fue comparar la fuerza y el tipo de falla adhesiva de dos diferentes materiales cementantes (resina compuesta y resina acrílica) para ortodoncia mediante el dispositivo universal de pruebas y el estereomicroscopio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental in vitro con una muestra de veinticuatro primeros premolares superiores humanos derechos e izquierdos extraídos por indicación en tratamientos de ortodoncia. Como criterios de inclusión se tomaron premolares sanos que no presentaran alteraciones en el esmalte en sus caras vestibulares. Se excluyeron premolares con caries, enfermedad pulpar o periodontal y presencia de

restauraciones en sus caras vestibulares. Los especímenes fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos de doce dientes cada uno. Al grupo 1 se le denominó *resina compuesta*, y al grupo 2, *resina acrílica*. El tamaño de la muestra se determinó después de una prueba piloto, la cual arrojó varianzas iguales para los grupos que se iban a comparar al analizarse mediante varianza mancomunada.

Una vez extraídos, los premolares se desinfectaron y los restos orgánicos se removieron con una solución de hipoclorito de sodio al 0,5%. Los especímenes se conservaron durante un tiempo inferior a dos meses en solución salina isotónica con una gota de Merthiolate, a temperatura ambiente. Para facilitar la manipulación de los especímenes, estos fueron puestos en cubos de resina acrílica de 3 x 1 x 1 cm. Los dientes se lavaron con agua y se secaron con aire a presión por veinte segundos. Luego se les realizó profilaxis en las caras vestibulares con una pieza de mano de baja velocidad, copa de caucho y agua oxigenada durante diez segundos. Se lavaron nuevamente y se secaron. En cada premolar se trazaron los ejes vertical y horizontal para la ubicación de los *brackets* en el centro de la corona clínica.

Protocolos de cementación

Este procedimiento fue realizado por un solo operador, siguiendo los protocolos y especificaciones de los fabricantes de los dos materiales evaluados. Los componentes y la composición química de estos sistemas cementantes se describen en la tabla 1.

TABLA 1
DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS CEMENTANTES

Cementante	Componentes (Lot núm.)	Composición química	Fabricante
Transbond XT™	Primer (9FU)	Metacrilato	3M Unitek (St Paul, MN, EE. UU.)
	Pasta (9HA)	Aminobenzoato Canforoquinona Bis-GMA TEGDMA Silano Sílice de cuarzo Canforoquinona	
Orthomite™	Monómero (SM3)	MMA	Sun Medical (Moriyama, Japón)
	Polímero (SG2)	PMMA	
	Catalizador (SM41)	TBB-O	
	Activador rojo (SR1)	Ácido fosfórico 65%	

Bis-GMA: dimetacrilato de bisfenol A; HEMA: hidroxietil-metacrilato; MMA: metilmetacrilato; PMMA: polimetil-metacrilato; TBB-O: tri-n-butilborano parcialmente oxidado; TEGDMA: trietilenglicol-dimetacrilato.

Fuente: elaboración propia.

En el grupo 1 (resina compuesta) se acondicionaron las caras vestibulares de los premolares con ácido fosfórico al 37% (Scotchbond® Phosphoric Etchant, 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, Estados Unidos) durante quince segundos; se

lavarón con agua destilada durante treinta segundos y se secaron con aire a presión. Posteriormente, se aplicó con un pincel una capa del adhesivo del sistema cementante (Transbond® XT, 3M Unitek, St. Paul, Minnesota, Estados Unidos) en las caras vestibulares. Se fotopolimerizó durante veinte segundos utilizando una lámpara tipo LED (Bluephase C8, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Austria) con una intensidad de 800 mW/cm². Luego, con una espátula para resina, se tomó una porción del material cementante y se aplicó en la superficie de la base del *bracket* estándar (Ortho Organizers, California, Estados Unidos). A continuación, utilizando un portabrackets, se posicionaron en el centro de la cara vestibular de los especímenes, se ejerció presión y se retiraron excesos. Por último, se fotopolimerizó durante veinte segundos utilizando la lámpara mencionada.

En el grupo 2 (resina acrílica) se utilizaron, paso a paso, los componentes del estuche del material (Orthomite®, Sun Medical, Miroyama, Japón) de la siguiente forma: primero se acondicionaron las superficies vestibulares de los dientes con ácido fosfórico al 65% durante treinta segundos; luego se lavaron con agua por sesenta segundos y se secaron con aire a presión. Se tomó el polímero resina Orthomite con la cuchara dispensadora y se agregó esta porción en uno de los orificios del dispensador. Luego se tomó el monómero y se agregaron cuatro gotas en el segundo orificio, con una gota de catalizador. Por medio de la técnica por adición, se sumergió un pincel en la mezcla de monómero y catalizador para luego insertarlo en el orificio donde se encontraba el polímero. Una vez lista la mezcla, se llevó a la base del *bracket*, se posicionó cada uno en el centro de la corona clínica, se ejerció presión y se retiraron excesos. La autopolimerización se realizó aproximadamente a los dos minutos.

Termociclado

Veinticuatro horas después de ser cementados los *brackets* de ambos grupos, se simuló los cambios térmicos en el termociclador diseñado y fabricado en la Facultad de Odontología de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia). Los dientes se sometieron a 5000 ciclos térmicos, a temperaturas de entre 5 y 55 °C, tiempos de inmersión de diez segundos y un tiempo de traslado de cinco a siete segundos, siguiendo las recomendaciones hechas en la revisión de la literatura realizada por Amaral y colaboradores, en el 2007.¹¹

Pruebas mecánicas

Los especímenes se llevaron al dispositivo universal de pruebas (Instron® Corp., Canton, MA, Estados Unidos), ubicado en el laboratorio de pruebas de 3M

Colombia. Allí se sometieron a la prueba de descementación, aplicándole a cada espécimen una fuerza de corte (velocidad 1,5 mm/min) en dirección oclusogingival en la interfase *bracket*-esmalte. Los datos se procesaron por el programa Blue Hill II (Instron® Corp., Canton, MA, Estados Unidos). Este programa de computador brinda los resultados en newtons. Por tal motivo, con la finalidad de realizar comparaciones con los valores reportados previamente en la literatura, estos se convirtieron a megapascales (MPa), dividiendo la fuerza por el área de la base del *bracket*.

Estereomicroscopía

Adicionalmente, con el fin de determinar el tipo de falla, las superficies de los dientes y las bases de los *brackets*, dos operadores las analizaron utilizando un estereomicroscopio (Stemi 2000C, Carl Zeiss, Göttingen, Alemania), ubicado en la Fundación Centro de Investigación y Estudios Odontológicos (CIEO), con una magnificación de 20X. Para establecer el tipo de falla observado, se usó la clasificación propuesta por el Medical College of Georgia.¹² A continuación se describen las cinco posibles opciones en las cuales se podía clasificar la falla.

RB: resina-*bracket* (adhesiva).

RR: resina-resina (cohesiva).

AE: adhesivo-esmalte (adhesiva).

EE: esmalte-esmalte (cohesiva).

ED: esmalte-dentina (adhesiva).

Análisis estadístico

Después de analizar los datos obtenidos para la fuerza adhesiva, con la prueba de Shapiro-Wilk, se determinó que la muestra presentaba una distribución normal. Por lo tanto, se aplicó la prueba F de Fisher, a efectos de analizar las varianzas con una confianza del 95%. Al no encontrarse diferencias entre los grupos, se decidió utilizar la prueba *t* de Student para varianzas iguales, con una confianza del 95%. Por último, para el análisis de los datos no paramétricos correspondientes al tipo de falla, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney, con una confianza del 95%.

RESULTADOS

Para un fácil entendimiento de los resultados, estos se presentan en el mismo orden como se realizaron los procedimientos durante el desarrollo de la investigación.

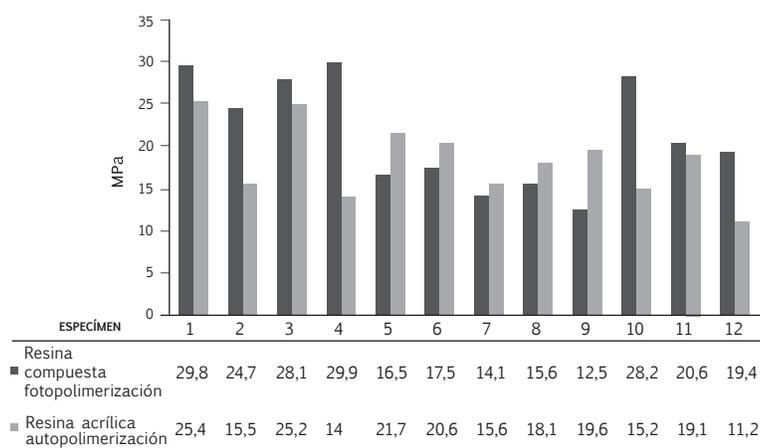
Fuerza adhesiva

Después de la prueba de fuerza adhesiva, se encontró que la resina compuesta presentó los valores más

altos de fuerza, con un promedio de 21,4 MPa; mientras que el comportamiento de la resina acrílica fue más regular, con un promedio de 18,4 MPa. Sin embargo, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), al analizar los valores con la prueba t de Student.

La resina compuesta presentó un valor máximo de adhesión de 29,9 MPa y un mínimo de 12,5 MPa; entre tanto, la resina acrílica, un valor máximo de 25,4 MPa, y un valor mínimo, de 11,2 MPa. Los valores de adhesión obtenidos por los dos materiales se observan en la figura 1.

FIGURA 1
COMPORTAMIENTO DE LA FUERZA ADHESIVA (MPa)
DE LOS DOS SISTEMAS CEMENTANTES



Tipo de falla

El tipo de falla predominante para ambos cementantes se observó en la interfase resina-resina (45,83% y 29,1% MPa, respectivamente). No obstante, se halló un alto porcentaje de falla en la interfase adhesivo-esmalte para la resina acrílica (20,83%). En el espécimen número 3 del grupo de la resina compuesta se presentó falla en la interfase esmalte-dentina. Al aplicar la prueba U de Mann-Whitney, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, al comparar los dos materiales ($p > 0,05$). La asignación y distribución del tipo de falla para ambos grupos y sus correspondientes fotografías se ven representadas en la tabla 2 y en las figuras 2 y 3.

DISCUSIÓN

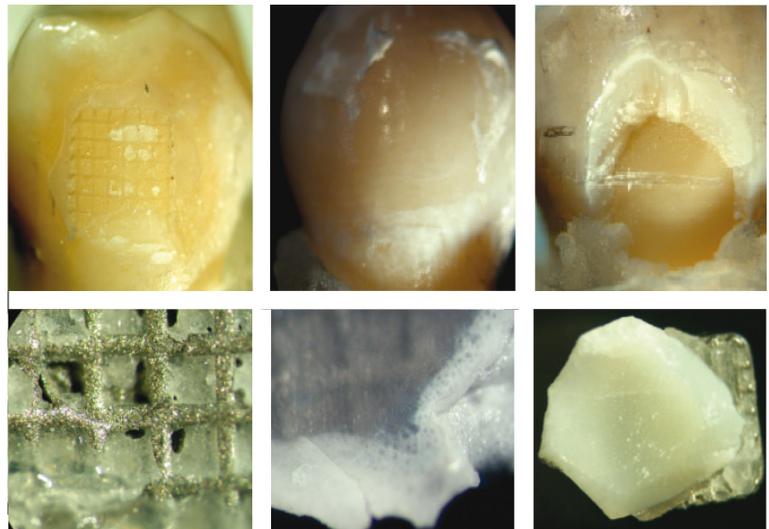
Al comparar los resultados en las pruebas realizadas para la fuerza y el tipo de falla adhesiva entre la resina compuesta y la resina acrílica, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Este resultado puede estar relacionado específicamente con el tipo de pretratamiento hecho para la cementación de los *brackets* con los dos materiales cementantes. Ambos sistemas utilizan un grabado ácido previo. Este proceso, independientemente del porcentaje de concentración utilizado, genera microrretenciones en la superficie del esmalte, remueve detritos y disminuye la tensión superficial.¹ Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el tiempo de aplicación y la concentración del ácido influyen en el patrón de grabado obtenido. El tipo I es el más recomendado.⁴

TABLA 2
DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN NUMÉRICA DEL TIPO DE FALLA: RESINA-RESINA (1),
ADHESIVO-ESMALTE (2) Y ESMALTE-DENTINA (3)

Espécimen	Resina compuesta (Transbond XT)	Resina acrílica (Orthomite)
1	1	1
2	1	1
3	3	1
4	1	2
5	1	2
6	1	2
7	1	1
8	1	2
9	1	1
10	1	1
11	1	2
12	1	1

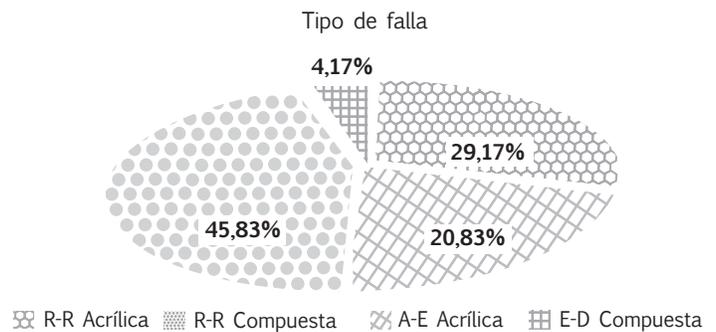
Fuente: elaboración propia.

FIGURA 2
DIFERENTES TIPOS DE FALLA



Nota. Interfase: resina-resina (izquierda), adhesivo-esmalte (centro) y dentina-esmalte (de-
recha). En la parte superior los dientes, en la parte inferior sus *brackets* correspondientes
Fuente: elaboración propia.

FIGURA 3
DISTRIBUCIÓN DE LOS PORCENTAJES PARA EL TIPO DE FALLA DE LOS DOS MATERIALES



A pesar de que no se halló una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la fuerza de adhesión entre los dos materiales, la resina compuesta presentó un promedio de adhesión más alto (21,4 MPa). Asimismo, para este material se observó un predominio de falla adhesiva (45,83%) en la interfase resina-resina (cohesiva). Una posible explicación a estos fenómenos se puede dar respecto de la utilización de un adhesivo complementario en el protocolo de cementación de este grupo. Este material, al ser hidrófilo, humecta la superficie del esmalte y puede aumentar considerablemente la adhesión, tal como se ha reportado previamente.¹⁰

El valor promedio observado en la resina acrílica (18,4 MPa) fue similar a lo reportado por Kawasaki y colaboradores⁷ (18,9 MPa) y Yamamoto y colaboradores⁹ (17 MPa). Ello confirma que este tipo de cemento es apropiado para la cementación de *brackets*. Investigaciones previas concluyeron que valores por encima de 20 MPa pueden causar daños irreversibles a la estructura adamantina en el momento de su remoción, al finalizar el tratamiento de ortodoncia.^{13,14} Esta es posiblemente la razón por la que en el grupo de la resina compuesta se observó en uno de los premolares una mayor fuerza adhesiva (28,1 MPa). La falla se presentó en la interfase esmalte-dentina.

El predominio de la falla en la interfase resina-resina (cohesiva) en ambos materiales indicaría que clínicamente la fuerza adhesiva obtenida al usar este tipo de cementantes no genera un daño directo sobre el esmalte, al momento de remover el *bracket*. No obstante, el porcentaje de falla observado en la interfase adhesivo-esmalte (adhesiva) en la resina acrílica sería posiblemente la situación más favorable, ya que evitaría la necesidad de utilizar instrumental o efectuar un fresado sobre el diente para eliminar el remanente del material; con ello se disminuiría la posibilidad de causar alteraciones en esta superficie (grietas en el esmalte).

Para esta investigación se seleccionaron primeros premolares superiores humanos sanos, debido a la morfología que presentan, caracterizada por su uniformidad, volumen, adecuada distancia mesodistal y gingivoclusal en la cara vestibular y menor cantidad de irregularidades del esmalte. Por esta razón, la utilización de este diente permite estandarizar el proceso de cementación de los *brackets*. Otras investigaciones^{8,9,15} utilizaron dientes bovinos, lo cual limitó, de cierta forma, la aplicabilidad clínica.

Antes de efectuar las pruebas mecánicas empleadas en el estudio, se llevó a cabo un proceso de termociclaje, el cual permite simular in vitro los cambios térmicos ocurridos en la cavidad oral, causados al comer, beber y respirar; además de inducir cambios dimensionales en la interfase material-diente. El número de ciclos empleados durante este proceso simula el tiempo en que un material está expuesto a los fenómenos de contracción y expansión, causados por los cambios en la temperatura. Para esta investigación se utilizaron 5000 ciclos térmicos (seis meses) a temperaturas de 5 y 55 °C, tiempos de inmersión de diez segundos y un tiempo de traslado de cinco a siete segundos, según lo hallado en la revisión de la literatura realizada por Amaral y colaboradores, en el 2007.¹¹

Otros autores como Guan y colaboradores¹⁰ utilizaron 10.000 ciclos de termociclaje a temperaturas de 4 y 60 °C, con un tiempo de inmersión de un minuto. Grubisa y colaboradores¹⁶ emplearon 750 ciclos a temperaturas de entre 5 y 55 °C, con tiempos de inmersión de treinta segundos. Saito y colaboradores⁷ realizaron 2000 ciclos a temperaturas de 5 y 55 °C, con tiempos de inmersión de sesenta segundos.

A pesar de estos reportes, la utilización o no de este proceso sigue generando controversia por diversas razones, especialmente por la inexistencia de un protocolo estandarizado que permita realizar una conversión exacta de la simulación in vitro a la realidad clínica. Tal vez esta sea la razón por la que en otros estudios no se utilizó este proceso.^{8,9,17}

Para llevar a cabo la prueba mecánica con el dispositivo universal de pruebas, los especímenes se descementaron aplicando a cada uno una fuerza de corte, en dirección oclusolingival sobre la interfase *bracket*-resina a una velocidad de 1,5 mm/min, la cual es un promedio de lo reportado en la literatura. Algunos estudios han utilizado 2 mm/min;^{7,15} otras investigaciones han empleado 1 mm/mm;^{8,9,18} mientras que Agudelo y colaboradores¹⁹ utilizaron 0,5 mm/min. Esta es una variable importante para tener en cuenta en el momento de interpretar y comparar los datos obtenidos, ya que la velocidad de aplicación de la fuerza influye en la fuerza de adhesión.

Para analizar la resistencia adhesiva de los materiales cementantes en ortodoncia, se han empleado diferentes unidades de medida. Investigaciones previas han reportado sus resultados en kg/fuerza.¹⁸⁻²¹ En esta investigación se convirtieron los resultados a MPa,

puesto que al tener en cuenta el área superficie de la base del *bracket* que está en íntimo contacto con el agente cementante, esta variable es controlada, lo que permite determinar la verdadera fuerza de adhesión.

A través del tiempo se han utilizado diferentes clasificaciones para evaluar el tipo de falla que se presenta al desprenderse un material del sustrato dentario. La clasificación Adhesive Remanent Index (ARI) utilizada en diferentes estudios cuantifica de manera subjetiva la cantidad de adhesivo remanente en la superficie dental y en el *bracket* en porcentaje.^{7-9,15} En el presente estudio se utilizó la clasificación propuesta por el Medical College of Georgia,¹² ya que esta permite determinar al mismo tiempo la naturaleza de la falla (adhesiva o cohesiva) y su ubicación específica.

En investigaciones *in vitro* es muy difícil incluir ciertos factores que se presentan en una situación clínica, como el tipo de dieta, la eficiencia masticatoria, las maloclusiones y el manejo que cada paciente le da a la aparatología. Rosenbach y colaboradores²² trataron, de cierta forma, de incluir variables que se presentan clínicamente, cuando realizaron un estudio para determinar *in vitro* la fuerza adhesiva de *brackets* cementados *in vivo* en dientes primeros premolares superiores e inferiores, los cuales se habían extraído cuatro semanas después de iniciado el tratamiento ortodóntico.

Por el diseño *in vitro* de esta investigación, no se tuvo en cuenta el uso de aparatología ortodóntica adicional como alambres, elásticos o resortes, que usualmente se utilizan en un tratamiento activo de ortodoncia correctiva. Estos aditamentos pueden modificar la resistencia a la descementación y el tipo de falla, al producir diferentes vectores de fuerza. Pickett y su equipo de investigación¹⁴ reportaron que la fuerza de adhesión observada *in vivo* después de un tratamiento de ortodoncia es significativamente menor a la fuerza registrada *in vitro*. Al utilizar en esta investigación las pruebas mecánicas y el termociclaje se pretendió simular un ambiente lo más cercano posible a la realidad clínica.

CONCLUSIONES

La fuerza de adhesión y el tipo de falla observados al utilizar una resina compuesta o una resina acrílica son similares; por consiguiente, ambos materiales podrían ser recomendados para la cementación de *brackets* en ortodoncia. El tipo de falla puede estar relacionado con el uso o no de un sistema adhesivo y con la composición del agente cementante.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios clínicos en los que se compare la fuerza adhesiva utilizando los dos tipos de resinas.
- Realizar este estudio sobre *brackets* sometidos a diferentes tipos de carga (utilización de arcos, elásticos, etc.).
- Evaluar la fuerza adhesiva de ambos materiales a diferentes superficies (*brackets* acrílicos, en porcelana, etc.).
- Comparar la fuerza adhesiva utilizando diferentes sistemas de fotopolimerización.
- Evaluar el tipo de falla producido por estos dos tipos de cementantes, mediante microscopía electrónica de barrido.

AGRADECIMIENTOS

A la casa comercial Ortho Professional Dental Ltd., distribuidora de Ortho Organizers®, por facilitar los *brackets* para este estudio.

A la casa comercial 3M ESPE Colombia, por facilitar la resina compuesta Transbond XT® y el dispositivo universal de pruebas Instron® para este estudio.

Al comité de investigación de la Fundación CIEO, por su asesoría metodológica y estadística para la realización de este estudio.

REFERENCIAS

1. Proffit WR. Ortodoncia contemporánea teoría y práctica. Madrid: Harcourt; 2001. p. 342-57.
2. Miura F. Looking back and forward through my career in orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2000 May; 117(5): 582-3.
3. Graber TM, Vanarsdall RL. Ortodoncia: principios generales y técnicas. Buenos Aires: Panamericana; 2003. p. 554-79.
4. Powers JM, Sakaguchi RL. Craig's restorative dental materials. 12th ed. St. Louis: Mosby-Elsevier; 2006. p. 479-95.
5. Wahl N. Orthodontics in 3 millennia. Chapter 16: Late 20th-century fixed appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008; 134(6): 827-30.
6. Chang JC, Hurst TL, Hart DA, Estey AW. 4-META use in dentistry: a literature review. J Prosthet Dent. 2002 Feb; 87(2): 216-24.
7. Saito K, Sirirungrojyng S, Meguro D, Hayakawa T, Kasal K. Bonding durability of using self-etching primer with 4-META/MMA-TBB resin cement to bond orthodontic brackets. Angle Orthod. 2005 Mar; 75(2): 260-5.
8. Rikuta A, Yoshida T, Tsubota K, Tsuchiya H, Tsujimoto A, Ota M, Miyazaki M. Influence of environmental conditions on orthodontic bracket bonding of self-etching systems. Dent Mater J. 2008 Sep; 27(5): 654-9.

9. Yamamoto A, Yoshida T, Tsubota K, Takamizawa T, Kurokawa H, Miyazaki M. Orthodontic bracket bonding: enamel bond strength vs time. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 Oct; 130(4): 435.e1-6
10. Guan G, Takano-Yamamoto T, Miyamoto M, Hattori T, Ishikawa K, Suzuki K.. Shear bond strengths of orthodontic plastic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000 Apr; 117(4): 438-43.
11. Amaral FL, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SA. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent.* 2007; 19(6): 340-54.
12. Bond failure site analysis. Augusta: Georgia Health Sciences University-College of Dental Medicine; 2003.
13. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975; 2: 171-8.
14. Pickett KL, Sadowski PL, Jacobson A, Lacefield W. Orthodontic in vivo bond strength: comparison with in vitro result. *Angle Orthod.* 2001 Apr; 71(2): 141-8.
15. Kawasaki M, Hayakawa T, Takizawa T, Sirirungrojying S, Saitoh K, Kasai K. Assessing the performance of a methyl methacrylate-based resin cement with self-etching primer for bonding orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2003 Dec; 73(6): 702-9.
16. Grubisa HS, Heo G, Raboud D, Glover KE, Major PW. An evaluation and comparison of orthodontic bracket bond strengths achieved with self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004 Aug; 126(2): 213-9.
17. Clark SA, Gordon PH, McCabe JF. An ex vivo investigation to compare orthodontic bonding using a 4-META-based adhesive or a composite adhesive to acid-etched and sandblasted enamel. *J Orthod.* 2003 Mar; 30(1): 51-8.
18. Londoño A, Pulido C, Sanabria X. Comparación de la fuerza adhesiva y tipo de falla, de brackets cementados con resina restauradora Z100 vs resina de ortodoncia Transbond XT [tesis de posgrado en ortodoncia]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada-Fundación CIEO; 2006.
19. Agudelo A, González E, Jiménez J. Comparación de la fuerza de adhesión y el tipo de falla de dos resinas Transbond XT vs Grelgloo para cementación de brackets [tesis de posgrado en ortodoncia]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada-Fundación CIEO; 2008.
20. Argote C, Rodríguez H, Palau M. Comparación de la fuerza adhesiva de brackets cementados con una resina de fotocurado (Transbond XT con adhesivo MIP) utilizando dos concentraciones de ácido ortofosfórico: al 15% y al 37% [tesis de posgrado en ortodoncia]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada-Fundación CIEO; 2000.
21. Gómez E, López P. Comparación de la fuerza adhesiva de brackets cementados con resina de fotocurado (Transbond XT) con y sin aplicación de primer XT (3M Unitek), con y sin ciclaje térmico [tesis de posgrado en ortodoncia]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada-Fundación CIEO; 2003.
22. Rosenbach G, Cal-Neto JP, Oliveira SR, Chevitarese O, Almeida MA. Effect of enamel etching on tensil bond strength of brackets bonded in vivo with a resin-reinforced glass ionomer cement. *Angle Orthod.* 2007 Jan; 77(1): 113-7.

CORRESPONDENCIA

Andrea Marcela Caballero Pachón
andreaecaballerop@hotmail.com

César Augusto Bincos Uribe
cesarcin@yahoo.com

Jaime Andrés Fernández Izquierdo
mitomitojaifer@hotmail.com

Jaime Rodrigo Rivera Barrero
jr.rivera@cieo.edu.co
odontologiaespecializada.JRR@gmail.com

Eliana Midori Tanaka Lozano
em.tanaka@cieo.edu.co
medicinadelaoclusion@gmail.com

