

# Adhesión y tipo de falla de un sistema adhesivo autograbadador en la cementación de brackets

## Adhesion and failure in a self-etching adhesive system in bracket debonding

Angélica del Rocio Barón<sup>1</sup>, Manelys Alejandra García<sup>1</sup>, Diana Isabel Pacheco<sup>2</sup>,  
Diana Yecedt Parra<sup>3</sup>, Clara Beatriz López<sup>4</sup>

### RESUMEN

**Objetivo:** Establecer la fuerza de adhesión y el tipo de falla de un sistema adhesivo autograbadador en la descementación de brackets metálicos, simulando un año y medio de tratamiento. **Método:** Estudio experimental in vitro con muestras de 60 premolares humanos, divididos en dos grupos A (sin termociclaje) y B (con termociclaje a 5000 rps), a los que se les cementaron brackets metálicos con adhesivo autograbadador Transbond SEPs. Se evaluó la fuerza a la descementación por cizalla con INSTRON, se analizó cualitativamente y cuantitativamente por medio de estereomicroscopia el tipo de falla de adhesión en la interfase bracket-esmalte. **Resultados:** Al realizar el análisis estadístico se obtuvo como resultado, que el máximo esfuerzo en cizalla para el grupo A (sin termociclaje) fue  $X=5.37\pm 1.17$  Mpa; mientras que el Grupo B (con termociclaje) presentó ( $X=5.80\pm 1.60$ ) Mpa. No hubo diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.242$ ) entre ambos grupos. Para el tipo de falla se encontró que la "tipo adhesiva" fue más frecuente en el grupo B (con termociclaje) ( $n=21$ , 70%) que el grupo A (sin termociclaje) ( $n=17$ , 56.7%). Al comparar el tipo de falla en los dos grupos, no se observó diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.541$ ). **Conclusión:** Los adhesivos autograbadadores proveen un rango de fuerza a la descementación por cizalla entre  $5.59\pm 1.41$  Mpa. Los Seps producen un patrón de grabado superficial que minimizan la pérdida del esmalte. Las muestras del grupo A y B al ser sometidas al protocolo de termociclaje (5.000 rps) no registraron diferencias significativas en cuanto a la fuerza de descementación de los brackets metálicos.

**Palabras Clave:** Adhesivo auto grabador, Termociclaje, Resistencia al cizallamiento, Tipo de falla adhesiva

### ABSTRACT

**Objective:** To determine the adhesion strength and type of failure of a self-etching adhesive system on the debonding of metal brackets, simulating a year and a half of treatment. **Methods:** In vitro experimental study on samples of 60 human premolars were divided into two groups A (no thermocycling) and B (with thermocycling at 5000 rps), which are metal brackets cemented with Transbond self-etching adhesive SEPs. Force to shear debonding was assessed with INSTRON, the type of bond failure was qualitatively and quantitatively analyzed by stereomicroscopy in bracket-enamel interface. **Results:** When the statistical analysis was obtained as a result, the maximum shear stress in group A (no thermocycling) was  $X=5.37\pm 1.17$  MPa; while Group B (with thermocycling) presented ( $X=5.80\pm 1.60$ ) MPa. There was no statistically significant difference ( $p=0.242$ ) between both groups. For the type of fault is found the "sticky type" was more frequent in group B (with thermocycling) ( $n=21$ , 70%) than group A (no thermocycling) ( $n=17$ , 56.7%). In comparing the rate of failure in the two groups, no statistically significant difference ( $p=0.541$ ) was observed. **Conclusion:** The self-etching adhesives provide a range of force to shear debonding between  $5.59\pm 1.41$  MPa. The Seps produce a pattern of shallow engraving that minimize the loss of enamel. Samples of group A and B when subjected to thermal cycling protocol (rps 5000) reported no significant differences in the strength of debonding of metal brackets.

**Keywords:** Self-Etch Adhesive, thermocycling, shear bond strength, Type of adhesive failure.

### Grupo de Investigación - Ciencias Odontológicas UNICOC

1. Residente de Especialización en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar
  2. Odontóloga, Especialista en Ortodoncia.
  3. Odontóloga, Especialización en Epidemiología
  4. Estadística, Maestría en Educación.
- Autor responsable de correspondencia: Angélica Barón  
Correo electrónico: anjelic77@hotmail.com

**Citar como:** Barón AdR, García MA, Pacheco DI, Parra DY, López CB. Adhesión y tipo de falla de un sistema adhesivo autograbadador en la cementación de brackets. Journal Odont Col. 2014;7(13):26-32

Recibido: Abril 2014, aceptado: Mayo 2014

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos en la Odontología es la de hallar un sistema de adhesión que permita una óptima unión bien sea química o mecánica, entre el sustrato y el material. La adhesión en esmalte experimentó un avance desde cuando Buonocore propuso la utilización del grabado ácido por primera vez en 1955, revolucionando los protocolos adhesivos.<sup>1-3</sup> Aunque el protocolo de tres pasos (ácido-primer-adhesivo)<sup>4</sup> está ampliamente sustentado,<sup>2-4</sup> estudios *in vitro* han referenciado la aparición de grietas y fracturas en la superficie del esmalte posterior a la descementación del bracket, motivando el desarrollo de nuevos materiales acondicionadores.<sup>5-7</sup>

Los adhesivos autograbantes pertenecen a una generación de sistemas adhesivos que logran combinar tres elementos en un solo envase permitiendo grabar y aplicar el adhesivo en un solo paso.<sup>6,8-9</sup> De esta forma se disminuye el patrón de desmineralización en la superficie del esmalte y el tiempo de trabajo del operador.<sup>8-9</sup> Turk *et al.*,<sup>9</sup> compararon la fuerza de adhesión de un adhesivo de autograbado con otro convencional y no observaron diferencias estadísticamente significativas, hallazgos que han sido confirmados por otros estudios.<sup>10-13</sup> Sin embargo, Aljubouri *et al.*,<sup>14</sup> observaron una resistencia al cizallamiento menor con el uso del autograbador.

Es importante analizar el tipo de falla, la cual se evidencia al momento de la descementación del bracket, con el fin de establecer su verdadero efecto sobre el esmalte. Diversos autores toman como referencia la clasificación propuesta por el Medical College of Georgia<sup>15</sup> que describe las posibles causas por las que se puede presentar alteraciones en la interfase entre el esmalte dental y el bracket: **RB**: resina-bracket (adhesiva), **RR**: resina-resina (cohesiva), **AE**: adhesivo-esmalte (adhesiva), **EE**: esmalte-esmalte (cohesiva) y **ED**: esmalte-dentina (adhesiva).

Amaral *et al.*,<sup>17</sup> describen el ciclaje térmico como un procedimiento que permite evaluar un material dental al sumergirlo en agua a diferentes temperaturas que oscilan entre 5°C y 50°C en forma cíclica y a velocidades entre 10rps a 50.000 rps, lo cual permite recrear los cambios térmicos que se producen en condiciones normales en la cavidad oral y que podrían afectar el comportamiento de los materiales dentales.<sup>18,19</sup>

Estudios recientes han utilizado varios números de ciclos térmicos. Trites *et al.*,<sup>20</sup> aproximan ciclos de 1500rps entre 10°C y 50°C después de 3 meses de

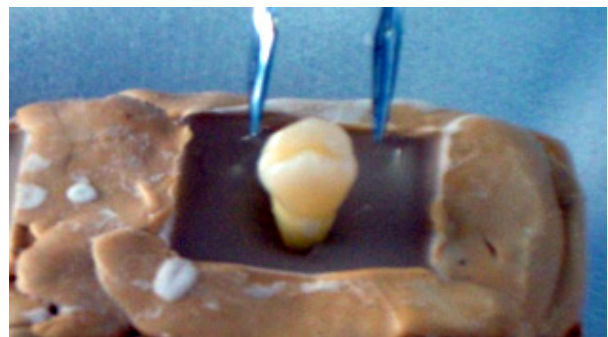
almacenamiento. Bishara<sup>2-3</sup> 500 ciclos entre 5°C y 55°C y Faltermeier<sup>21</sup> 6000 ciclos entre 5°C y 55°C, evidenciando la falta de protocolos que permitan una simulación aproximada al medio oral, pero útiles para estudios *in vitro* que evalúen los materiales de uso odontológico.<sup>16, 20-21</sup>

El propósito de este estudio fue determinar la fuerza de adhesión y el tipo de falla de un adhesivo autograbador en brackets metálicos posterior a su descementación simulando un tiempo de exposición al medio oral *in vitro* a través del ciclaje térmico.

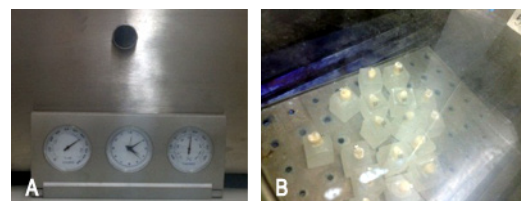
## MÉTODOS

Se diseñó un estudio de tipo experimental *in vitro* que tuvo como muestra 60 primeros premolares, que fueron extraídos por indicación de Ortodoncia. Inmediatamente a su extracción se retiraron restos orgánicos de forma manual y se almacenaron en una solución de Cloramina T al 0.5%, a 5°C. Se incluyeron premolares sin alteraciones del esmalte vestibulares, y se excluyeron del estudio aquellos que estaban cariados o con restauraciones en la cara vestibular y con alteraciones de tipo endodónticas o periodontales.

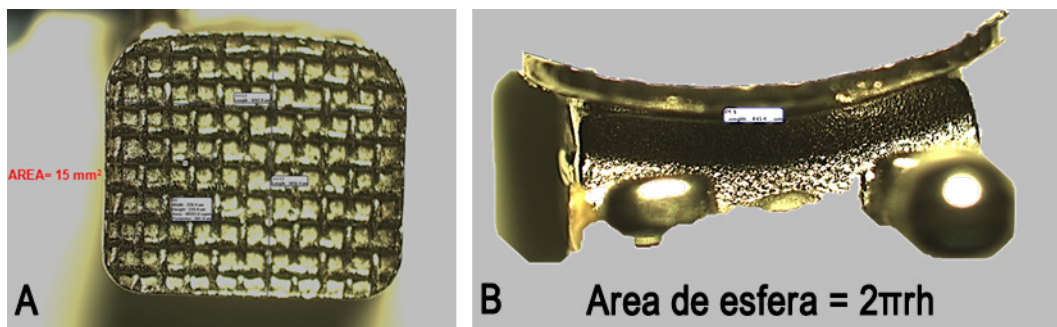
Posteriormente se distribuyeron en dos grupos, en forma aleatoria. Al grupo A se le denominó Sin Termociclaje y al grupo B con Termociclaje. Para facilitar el manejo de las muestras a estudiar se incluyeron en cubos de 2x2x2cm de acrílico, dejando 3mm de



**Figura 1**  
Preparación de Premolares en cubos de acrílico.



**Figura 2**  
Conservación de Premolares en el Higro Bath durante 24 horas.



**Figura 3**

Estereomicroscopia de la Base del Bracket

exposición a nivel radicular para permitir la posterior medición de la corona clínica al momento de cementar el bracket. (Figura 1)

Veinticuatro horas antes de la cementación las muestras se sumergieron en un recipiente con solución salina para retirar la cloramina de la superficie del esmalte y se almacenaron en el Higo Bath para mantener condiciones de humidificación necesarias. (Figura 2)

#### PROTOCOLO DE CEMENTACIÓN

Se utilizaron brackets pre-torqueados para primeros premolares superiores tipo Roth Abzil (3M, Saint Paul, MN) en los cuales se determinó el área que estaría en contacto con la superficie dental, para identificar la cantidad de fuerza sobre superficie de extensión al momento de la prueba de descementación (Figura 3).

Los observadores realizaron una calibración para cementar los brackets en toda la mitad de la corona

clínica, siempre bajo las especificaciones de la casa fabricante del sistema adhesivo. El operador que más se aproximó al gold standard fue elegido para realizar el proceso en los premolares seleccionados como muestra.

#### PRUEBA MECÁNICA DE FUERZA DE ADHESIÓN AL CIZALLAMIENTO

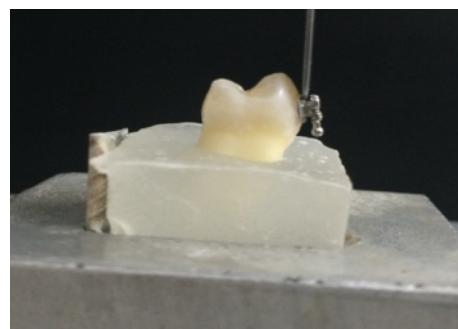
Esta se realizó con el Dispositivo Universal de pruebas denominado Instron Corp, Canton MA del Centro de Investigación y Desarrollo tecnológico (CITDEO). (Figura 4) Los cubos de acrílico con las muestras del grupo A se ubicaron en la mordaza inferior del dispositivo y se les aplicó una fuerza tangencial con velocidad a 1.5mm/min, hasta que se logró la descementación del bracket. (Figura 5)

Los datos fueron procesados en el programa Blue Hill II (Instron Corp., Canton MA). Este permite medir la fuerza en megapascales. Termociclaje A las 24 post cementación del bracket del grupo B, estos fueron sometidos al proceso de termociclaje con el siguiente protocolo: 5.000 ciclos, tm entre 5°C y 55°C, con inmersiones de 10 seg. y tiempos de traslado entre 5-7 seg. (Figura 6).<sup>15</sup> Las muestras del grupo B pasaron posteriormente por la prueba mecánica de fuerza



**Figura 4**

Dispositivo Universal de Pruebas Instron®



**Figura 5**

Colocación de Premolares sobre Máquina Instron®



**Figura 6**  
Máquina de Termociclaje.

de adhesión al cizallamiento con el mismo protocolo descrito anteriormente (Figura 7).

### ESTEREOMICROSCOPIA

Para identificar el tipo de falla entre la interfase entre esmalte-bracket, fueron analizadas las superficies vestibulares con el estereomicroscopio 20 x (Stemi 2000C, Carl Zeiss, Göttingen, Alemania). Se tuvo en cuenta la clasificación propuesta por el Medical College of Georgia (Figura 8).

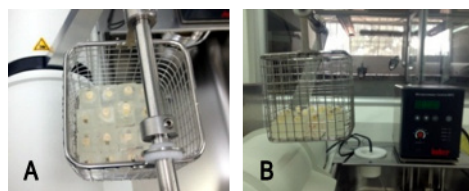
### MÉTODO ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron procesados en el programa estadístico SPSS (IBM, Armonk, NY) y se utilizó la prueba estadística ANOVA de una vía para comparar la fuerza de adhesión en bracket metálicos con y sin termociclaje. Se utilizó Chi cuadrado para proporciones, U de Mann-Whitney para comparar entre las dos técnicas la presencia del tipo de falla y su ubicación. Se consideró significativo  $p < 0.05$ .

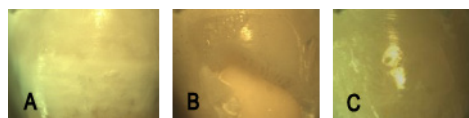
### RESULTADOS

El máximo esfuerzo en cizalla para el grupo A (sin termociclaje) fue en promedio  $5.37 \pm 1.17$  Mpa, mientras que el Grupo B (con termociclaje) presentó un promedio de  $5.80 \pm 1.60$  Mpa. En relación a la fuerza necesaria para descementar el bracket en ambos grupos no hubo diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.242$ ) (Figura 9). En relación al tipo de falla la más frecuente fue la de tipo adhesiva en el grupo B ( $n = 21$ , 70%) que el grupo A ( $n = 17$ , 56.7%). Le sigue en frecuencia la falla cohesiva, en el grupo de termociclado ( $n = 8$ , 26.7%) y sin termociclaje ( $n = 11$ , 36.7%). La falla de tipo mixta se presentó en dos muestras para el grupo A y sólo una muestra en el grupo B. Al comparar el tipo de falla en los dos grupos no se observó diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.541$ ) (Tabla 1).

En cuanto a la ubicación del adhesivo luego de la descementación, en el grupo B predominó la ubicación



**Figura 7**  
Inmersión de Bandeja con muestras del Grupo B al proceso de Termociclaje.



**Figura 8**  
Tipos de Falla Observadas en el esmalte de premolares. (A: adhesiva, B: Cohesiva, C: Mixta)

en bracket ( $n = 18$ , 85.7%), seguida del esmalte ( $n = 3$ , 14.3%). El grupo A presentó adhesivo en el bracket ( $n = 15$ , 88.2 %) y adhesivo en el esmalte ( $n = 2$ , 11.8%). No se observó diferencia significativa entre la ubicación del adhesivo ( $p = 0.819$ ) (Tabla 1).

### DISCUSIÓN

Varios autores<sup>22-24</sup> han sugerido que un SBS mínimo de 6.0 a 8.0 MPa es adecuado para la unión de brackets de ortodoncia. Daub *et al.*,<sup>18</sup> determinaron un rango de 5.9-7.8 Mpa como fuerza adhesiva ideal para los brackets. Ostby *et al.*,<sup>5</sup> mostraron un rango de SBS entre 6 y 8 Mpa. El tiempo estipulado para la polimerización del sistema adhesivo es de 20s sin afectar la fuerza de adhesión. Bishara *et al.*,<sup>2-3</sup> señalan que siguiendo este protocolo se puede obtener una fuerza de SBS dentro del rango adecuado.

Así mismo, se observa que los materiales dentales experimentan procesos de expansión y contracción una vez se someten a cambios térmicos similares a los experimentados en la cavidad bucal, lo cual se traduce en alteraciones en la interfase diente-adhesivo. Estos son factores importantes a tener en cuenta cuando se realizan estudios *in vitro* que involucren protocolos adhesivos.<sup>9,16,18,25</sup>

Al interpretar los resultados obtenidos con el protocolo de termociclaje (0-5.000rps), en el grupo B no se observó la degradación del adhesivo. Aunque la investigación coincide con lo reportado por otros grupos de investigación<sup>26-27</sup> donde se reporta que no existe diferencia significativa en los promedios de fuerza adhesiva al realizar o no ciclaje térmico, se esperó que al momento de someter las muestras de grupo B a 5.000 ciclos la SBS disminuyera con respecto al

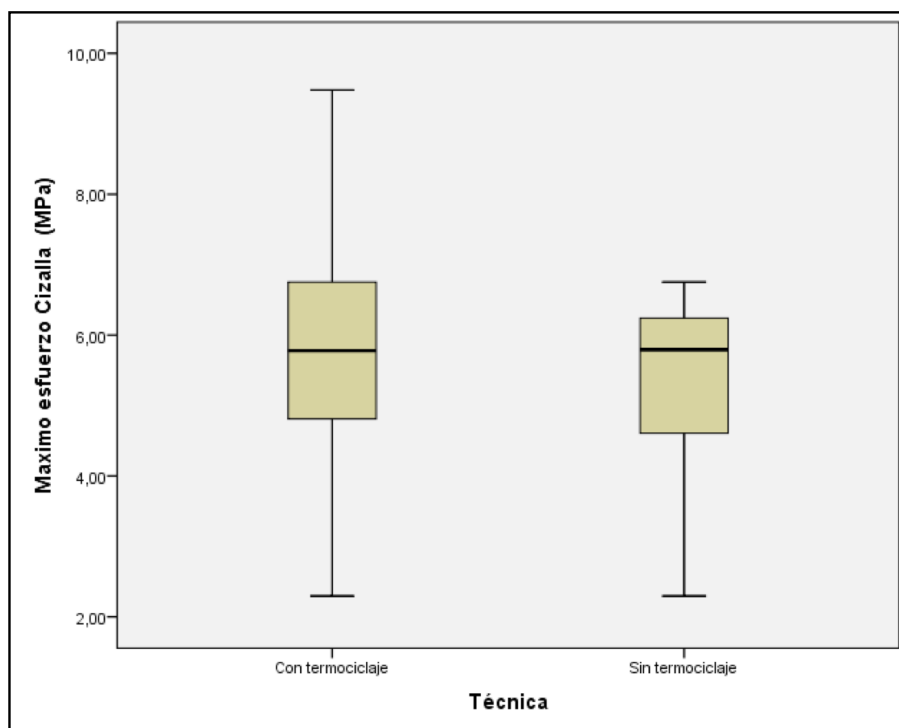


Figura 9

Máximo esfuerzo en Cizalla a la descementación del bracket con y sin termociclaje.

		Técnica				p
Tipo y Ubicación de la Falla		Con termociclaje		Sin termociclaje		
		n	%	n	%	
Tipo de falla	Adhesiva	21	70,0	17	56,7	0,541
	Cohesiva	8	26,7	11	36,7	
	Mixta	1	3,3	2	6,7	
	Total	30	100,0	30	100,0	
Ubicación adhesiva	Bracket	18	85,7	15	88,2	0,819
	Esmalte	3	14,3	2	11,8	
	Total	21	100,0	17	100,0	

grupo A, la cual no presentó cambios. Aljouni *et al.*,<sup>7</sup> observaron en su estudio que los brackets que se descementaron después de 24 horas de almacenamiento presentaron una SBS de  $6.0 \pm 3.5$  MPa, mientras que el grupo que se descementó a la media hora después de dos exposiciones de fotocurado tenía una fuerza de adhesión media de  $5.9 \pm 2.7$  MPa y el grupo con sólo una exposición a fotocurado de  $4.3 \pm 2.6$  MPa, resultados que son similares a los nuestros.

Con base a ello se determinó que las fuerzas de adhesión de cizallamiento en los tres grupos no presentaron diferencia estadísticamente significativas

( $p=0.203$ ).<sup>7</sup> Investigaciones previas señalan, al igual que este estudio, que una fuerza ideal de descementación oscila entre 6-8Mpa.<sup>23,28-30</sup> Sin embargo, numerosos artículos indican que la fuerza de descementación utilizando un sistema adhesivo convencional puede aumentar considerablemente la adhesión, ya que este sistema produce patrones de desmineralización tipo I y II que genera en el tejido adamantino microporos y microsurcos capilares que miden entre 10 a  $25\mu\text{m}$  de profundidad con una amplitud de  $1.5$  a  $3.5\mu\text{m}$ ,<sup>30</sup> teoría apoyada por Cozza *et al.*,<sup>23,21</sup> quienes determinaron que utilizando un sistema adhesivo convencional con resina Transbond XT, los valores de SBS en 5 tipos de brackets oscilaban entre 15.70 y 30.48 Mpa.

Los resultados difieren a los obtenidos por Romano *et al.*,<sup>8</sup> quienes evaluaron la SBS de brackets metálicos cementados con sistemas adhesivos convencionales y SEPs, obteniendo como SBS promedio 4.61Mpa, determinando así que ambos grupos presentaron fuerzas similares y fracasos adhesivos a nivel del esmalte.<sup>8</sup>

En cuanto al tipo de falla que resulta durante el proceso de descementación, es relevante evaluar las interfaces adhesivas, ya que de esta forma se pueden detectar los factores que causan la falla y así poder determinar si se debe mejorar la resistencia adhesiva (adhesivo-esmalte) o cohesiva (adhesivo-adhesivo) de un material.<sup>30</sup> El patrón característico de un tipo de falla adhesiva es favorable debido a que es más conservador para el tejido adamantino y a su vez disminuye el tiempo de trabajo durante la remoción de los excesos del material cementante.<sup>30</sup>

Cozza *et al.*,<sup>23</sup> mostraron una variabilidad considerable en los sitios de fractura (50% en la interfase adhesivo-esmalte; 50%- 40% en la interfase del adhesivo). En general, los resultados del tipo de falla deben ser interpretados con cautela, ya que tienden a ser subjetivos.<sup>23,32</sup> Por el contrario, otras investigaciones establecen que la falla que se presenta en mayor proporción es la cohesiva.<sup>33-34</sup> Lo cual podría relacionarse con la mayor cantidad de ciclos térmicos utilizados así como la muestra incluida en el estudio como es el caso de incisivos de bovinos.

Otro factor que puede afectar los resultados es el método de conservación de muestras antes de la prueba mecánica, aunque Rikuta *et al.*,<sup>26</sup> realizaron la conservación de sus muestras en humedad relativa a diferentes temperaturas durante 24 horas y determinaron que la adhesión y el tipo de falla dependían directamente del material de cementación usado así como del tiempo de exposición de grabado ácido sobre la superficie dental. A pesar que se utilizó estereomicroscopía para el análisis del tipo de falla, existen otros métodos de observación tales como la microscopía electrónica de barrido, la cual permite una visualización en 3 dimensiones de las superficies, lo que permitiría describir con mayor precisión la ubicación exacta de la falla adhesiva.<sup>35,36</sup>

En la investigación se utilizó un tiempo de 24 horas para la descementación de los brackets, aunque en la práctica clínica no existe un consenso sobre el tiempo mínimo requerido antes de cargar el bracket después de la cementación. Turk *et al.*,<sup>9</sup> evaluaron el efecto de

la SBS en Seps a diferentes tiempos de descementación (5-15-30-60 min y 24 horas), reportando que la SBS incrementaba gradualmente hasta las 24 horas debido a que en este tiempo se logra la completa difusión y polimerización de la resina bajo la base del bracket. Lacuoture *et al.*,<sup>37</sup> señalan que la absorción de agua durante el termociclado podría compensarse con la contracción a la polimerización de la resina, disminuyendo de esta forma las tensiones superficiales que producen fallas en los sistemas adhesivos.

## CONCLUSIONES

Los adhesivos autograbadores proveen un rango de fuerza a la descementación por cizalla, cumpliendo con las exigencias mínimas que debe tener un sistema adhesivo para la descementación de brackets metálicos ortodóncicos. Los SEPs producen un patrón de grabado superficial que minimiza la pérdida del esmalte, favoreciendo la conservación del tejido adamantino durante el proceso de descementación del bracket.

## REFERENCIAS

1. Buonocure MG. A simple method of increase the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955;34:849-853.
2. Bishara S, Otsby A, Ajlouni R, Laffoon J, Warren J. A new premixed self-etch adhesive for bonding orthodontic brackets. *Angle Orthodontist* 2008; 78 (6): 1101-1104.
3. Bishara S, Otsby A, Ajlouni R, Laffoon J, Warren J. Early shear bond strength of a one-step self-adhesive on orthodontic brackets. *The Angle Orthodontist*: 2006; 76 (4): 689-693.
4. Bishara S, Ajlouni R, Laffoon J, Warren J. Comparison of shear bond strength of two self-etch primer/adhesive systems. *The Angle Orthodontist* 2006; 76 (1):123-6.
5. Ostby A, Bishara S, Lafoon J, Warren J. Influence of self-etchant application time on bracket shear bond strength. *The Angle Orthodontist* 2007; 77 (5): 885-889.
6. Bishara S, Otsby A, Lafoon J. The effect of modifying the self-etchant bonding protocol on the shear bond strength of orthodontic brackets. *The Angle Orthodontist* 2007; 77(3):504-508.
7. Ajlouni R, Bishara S, Oonsombat C, Denehy G. Evaluation of modifying the bonding protocol of a new acid-etch primer on the shear bond strength of orthodontic brackets. *The Angle Orthodontist* 2004; 74( 3): 410-413.
8. Romano F, Wanderley S, Tavares D, Nouer F, Consani S, Araújo M. Shear bond strength of metallic orthodontic brackets bonded to enamel prepared with self-etching primer. *The Angle Orthodontist* 2005; 75 (5): 849-853.
9. Turk T, Turk S, Isci D. Thermocycling effects on shear bond strength of a self-etching primer. *The Angle Orthodontist* 2008; 78 ( 2) :351-356.
10. Turk T, Turk S, Isci D. Effects of self-etching primer on shear bond strength of orthodontic brackets at different debond times. *The Angle Orthodontist* 2007; 7(1):108-112.
11. Arnold R, Combe E, Warford J. Bonding of stainless steel

- brackets to enamel with a new self-etching primer. *Am J Orthod Dentof Orthop* 2002;122:274-27.
12. Buyukyilmaz T, Usumez S, Karaman AI. Effect of self-etching primers on bond strength—are they reliable? *The Angle Orthodontist* 2003;73:64–70.
  13. Dunn W, Taloumis L. Effect of fluoride varnish on the in vitro bond strength of orthodontic brackets using a self-etching primer system. *Am J Orthod Dentof Orthop* 2004;125:351–356.
  14. Aljubouri Y, Millett D, Gilmour W. Laboratory evaluation of a self-etching primer for orthodontic bonding. *Eur J Orthod* 2003;25:411–415.
  15. Bond failure site analysis. Augusta: Georgia Health Sciences University -College of Dental Medicine, 2003.
  16. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999; (27): 89-99.
  17. Amaral F, Colucci V, Palma R, Corona S. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent* 2007; 19(6): 340-54.
  18. Daub J, Berzins D, Linn B, Bradley T. Bond strength of direct and indirect bonded brackets after thermocycling. *The Angle Orthodontist* 2006; 76 (2): 295-300.
  19. Yuasa T, Iijima M, Ito S, Muguruma T. Effects of long-term storage and thermocycling on bond strength of two self-etching primer adhesive systems. *Eur J Orthod* 2010;32: 285-290.
  20. Trites B, Foley TF, Banting D. Bond strength comparison of 2 self-etching primers over a 3-month storage period. *Am J Orthod Dentof Orthop* 2004; 126:709-16.
  21. Faltermeier A, Behr M. Comparative evaluation of bracket bonding with 1-, 2-, and 3-component adhesive systems. *Am J Orthod Dentof Orthop* 2007; 132(2):144.e1-5.
  22. Powers JM, Messersmith ML, Brantley WA, Eliades T. Enamel etching and bond strength. In: eds. *Orthodontic Materials: Scientific and Clinical Aspects*. Stuttgart, Germany: Stuttgart-Thieme; 2001; 105–122
  23. Cozza P, Martucci L, De Toffol L, Penco SI. Shear bond strength of metal brackets on enamel. *The Angle Orthodontist* 2006; 76:849-855.
  24. Lourenco F, Wanderley S, Tavares D, Nouer F, Consani S, Araújo M. Shear bond strength of metallic orthodontic brackets bonded to enamel prepared with self-etching primer. *The Angle Orthodontist* 2005; 75(5):849-53.
  25. Harraa S. The effect of thermocycling and debonding time on the shear bond strength of different orthodontic brackets bonded with light-emitting diode adhesive (in vitro study). *J Bagh College Dentistry* 2013; 25(1):139-145
  26. Rikuta A, Yoshida T, Tsubota K, Tsuchiya H, Tsujimoto A, Ota M. Influence of environmental conditions on orthodontic bracket bonding of self-etching systems. *Dent Mat J* 2008; 27(5): 654-659.
  27. Yamamoto A, Yoshida T, Tsubota K, Takamizawa T, Kurokawa H, Miyazaki M. Orthodontic bracket bonding: Enamel bond strength vs time. *Am J Orthod Dentof Orthop* 2006; 130(4): 435- 438.
  28. Gaard B, Bishara S, Duschner H. Enamel effects during debonding and treatment with fixed appliances. In: Graber TM, Eliades T, Athanasiou AE, eds. *Risk Management in Orthodontics. Experts' Guide to Malpractice*. Hanover Park, Ill: Quintessence. 2004:19–46.
  29. Lopez JI. Retentive shear strengths of various bonding attachment bases. *Am J Orthod* 1980; 77:669–678.
  30. Zachrisson B, Tamer B. Bonding in orthodontics. Graber TM, Swain BF, editors. *Orthodontics: Current principles and techniques*. Mosby, 1985.
  31. Scougall R, Yamamoto S, Kitai N, Yamamoto K. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different self-etching adhesives. *Am J Orthod Dentof Orthoped* 2009; 136:425-30.
  32. Lalani N, Foley TF, Voth R, Banting D, Marnandras A. Polymerization with the argon laser: curing time and shear bond strength. *The Angle Orthodontist*. 2000; 70:128–133.
  33. Herguner S, Ozturk F, Nalcaci R. Shear bond strength of orthodontic brackets cured with different light sources under thermocycling. *Eur J Dent Ed* 2010; 4:257-262.
  34. Kim M, Lim B, Chang W, Lee Y, Rhee S, Yang H. Phosphoric acid incorporated with acidulated phosphate fluoride gel etchant effects on bracket bonding. *The Angle Orthodontist*. 2005; 75:678-84.
  35. D'Attilio M, Traini T, Di Lorio D, Varvara G, Festa F, Tecco S. Shear bond strength, bond failure, and scanning electron microscopy analysis of a new flowable composite for orthodontic use. *The Angle Orthodontist*. 2005; 75:410.
  36. Wang W, Li CH, Chou TH, Wang DDH, Lin LH, Lin CT. Bond strength of various bracket base designs. *Am J Orthod Dentof Orthop* 2004; 125:65–70.
  37. Lacouture L, Mendoza J. Efecto del ciclaje térmico en la fuerza y tipo de falla adhesiva en esmalte humano. *Revista Odontos*. 2012; 39:37-44.