

Trabajo de investigación

EFFECTO DEL TIEMPO DE EVAPORACIÓN DEL SOLVENTE DEL SILANO EN LA RESISTENCIA ADHESIVA INMEDIATA A POSTES DE FIBRA DE VIDRIO. EFFECTS OF SOLVENT / SILANE EVAPORATION TIME ON IMMEDIATE BOND STRENGTH TO FIBER POSTS.

Figuroa E.,¹ Casas L.,² Revoredo A.³

¹ Alumna de la Carrera de Odontología de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima –Perú.

² Profesor investigador de la Carrera de Odontología de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima –Perú.

³ Docente del área de Rehabilitación Oral, Carrera de Odontología de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima –Perú.

Autor responsable: Elena Figuroa / correo electrónico: efiguroa_14@hotmail.com

RESUMEN

Este estudio compara *in vitro* la resistencia adhesiva de postes de fibra de vidrio tratados con silano en distintos tiempos de evaporación del solvente. Cuarenta dientes de bovino uniradiculares fueron seccionados separando corona de raíz, obteniendo una raíz remanente de 20mm. Las raíces bovinas fueron tratadas endodónticamente y divididas aleatoriamente en cuatro grupos según el tiempo de evaporación (n=10): G1- 180 segundos; G2- 120 segundos; G3- 60 segundos; G4- Control, sin silanizado. A la superficie del poste se le aplicó el silano y se esperó la evaporación del solvente de acuerdo al grupo experimental. Posterior a ello, se cementó los postes de fibra según las instrucciones del fabricante y los especímenes fueron almacenados por 24 horas en agua destilada a 37 °C. Las raíces fueron seccionadas en slides de 1 mm de grosor, utilizando una máquina de corte digital. Se utilizó el test de push out para medir la resistencia adhesiva a una velocidad de 0.5 mm/min. Los valores de fuerza de adhesión según cada grupo fueron: G1- 10.89±2.68; G2-5.50±2.84; G3-2.40± 0.89; G4- 0.79±0.73. Se comparó la resistencia adhesiva de los grupos de 60-120 y 120-180 utilizando la prueba U de Mann Whitney y para el grupo de 60-180 segundos se utilizó la prueba t de student. Para la comparación de la resistencia adhesiva de los grupos de 60, 120 y 180 segundos se utilizó la prueba de Kruskal Wallis. Se encontró que el grupo de 180 segundos de evaporación presentaba una mayor resistencia adhesiva comparada a los demás grupos.

Palabras Clave: Resistencia adhesiva, poste de fibra, silano, evaporación

ABSTRACT

This *in vitro* study compared the fiberglass posts bond strength treated with silane at different solvent evaporation times. Forty bovine teeth were sectioned in two, obtaining 20mm bovine roots. Bovine roots were endodontically treated and randomly divided into four groups according to evaporation time (n=10): G1-180 seconds; G2- 120 seconds; G3- 60 seconds; G4- control, without silanizing. Silane was applied to the post surface and the evaporation time was realized depending on experimental group. After that, the fiber posts were cemented according manufacturer instructions and the samples were stored for 24 hours in distilled water at 37 °C. Roots were cut in slides in a digital cutting machine in order to obtain a 1 mm sample. Push out test was used to measure the bond strength at the speed of 0.5 mm/min. The bond strength values according to each group were: G1-10.89±2.68; G2-5.50±2.84; G3-2.40± 0.89; G4- 0.79±0.73. The bond strength of the groups 60-120 and 120-180 were compared using the Mann Whitney U test and the student's t- test was used for the group 60-180 seconds. The Kruskal Wallis test was used to compare the bond strength of the groups 60, 120 and 180 seconds. It was found that the group of 180 seconds of evaporation showed more bond strength compared with the other groups.

Key words: Bond strength, fiber post, silane, evaporation



INTRODUCCIÓN

Los postes de fibra de vidrio están indicados para dientes que presentan tratamiento endodóntico previo y paredes que pueden soportar las fuerzas de la masticación y/o hábitos para-funcionales. La deshidratación y la gran pérdida de estructura dentaria son las causas del aumento de la fragilidad. Anteriormente, se utilizaban postes metálicos, sin embargo, estos son muy rígidos y podrían traer futuras complicaciones.^{1,2}

El uso de postes de fibra de vidrio está siendo cada vez más utilizado puesto que es un tratamiento más conservador, altamente estético, tiene menor costo, mayor resistencia a la fractura y es de fácil aplicación. Además, presentan un módulo de elasticidad muy semejante a la dentina y al cemento resinoso por lo cual las fuerzas que inciden al diente durante la masticación pueden distribuirse en toda la raíz del diente y así evitar la fractura.^{3,4}

La fuerza de adhesión del poste al canal radicular depende de la capacidad de adhesión del cemento resinoso y del tratamiento de la superficie del poste previo a la cementación. El procedimiento de silanización se ha descrito como un tratamiento previo muy importante antes de la cementación del espigo. Al tratar la superficie del poste de fibra de vidrio con silano, se prepara a la superficie para que ésta aumente la fuerza de adhesión del poste al cemento resinoso, además de aumentar la humectación de la superficie del poste.⁵

Hay distintos estudios científicos que mencionan que la técnica de silanizado del poste de fibra de vidrio se considera una técnica sensible. Entre los factores que influyen en su eficacia se encuentra la evaporación del solvente, quien juega un rol importante, dado que una pequeña cantidad de solvente puede ser beneficiosa en la promoción de la humectación del silano, pero una eliminación incompleta puede comprometer el acoplamiento. Una vez aplicado el silano sobre el poste de fibra de vidrio, el tiempo de espera para que el solvente del silano se evapore y los principios activos de éste impregnen la superficie del poste es muy variable según diferentes estudios científicos.⁶⁻⁸

Para este estudio, se utilizaron 3 tiempos para la evaporación del solvente, el primero de 60 segundos porque lo menciona el fabricante del silano utilizado en nuestro estudio, 120 segundos porque otras marcas de silano requieren esperar ese tiempo y 180 segundos para poder saber si la resistencia a la adhesión aumenta con un mayor tiempo de espera para la evaporación.

La hipótesis de este estudio es que a mayor tiempo de evaporación (180 segundos) se obtiene una mayor resistencia a la adhesión del poste al canal radicular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue de tipo experimental *in vitro*. Se utilizaron 40 incisivos centrales bovinos de reciente extracción, sin anomalías dentales como hipoplasias, caries o fracturas, de similar tamaño y con una raíz íntegra; los cuales fueron lavados con cepillo de cerdas suaves y agua destilada para retirar manchas superficiales. Con una cureta para

dentina grande (Dentsply- Maillefer®, Suiza) se retiró todo tejido remanente de la raíz. Los dientes se conservaron en suero fisiológico en refrigeración hasta la preparación de los especímenes.

Preparación de las raíces bovinas

La separación de corona/raíz se realizó seccionando los dientes bovinos en forma perpendicular al eje axial con una pieza de baja velocidad (NSK- EX 203C) y un disco diamantado de desgaste marca Jota® de 22 mm de diámetro, dejando una longitud de la raíz de 20 mm aproximadamente, obteniéndose así 40 raíces bovinas (n=10) divididos en 4 grupos según el tiempo de evaporación: a) 60 segundos, b) 120 segundos, c) 180 segundos y d) Control en donde no se aplicó silano.

Para una mejor manipulación y fijación de las raíces bovinas estas fueron colocadas en una base de acrílico circular de 1 pulgada de diámetro. Las muestras fueron almacenadas en 500ml de suero fisiológico a temperatura ambiente en cuatro recipientes de plástico, uno por grupo, hasta la instrumentación y cementación del poste de fibra de vidrio.

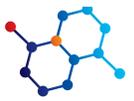
Instrumentación y obturación de las raíces bovinas

La instrumentación del canal radicular de las raíces bovinas se realizó con la técnica convencional, instrumentándose hasta la lima 80 K-file (Dentsply- Maillefer®, Suiza) teniendo como longitud de trabajo estandarizada (19mm). La irrigación se realizó después de cada cambio de número de lima utilizando 1 mL de solución de NaOCl al 2.5%. Los conductos fueron secados con conos de papel absorbente (ENDOMEDIC- Corea) número 80. La obturación final de los conductos se realizó con gutapercha (ENDOMEDIC- Corea) número 80 como cono principal y con un material sellador (Dentsply-Endo-fill®, Suiza) utilizando la técnica de compactación lateral. Las raíces recién obturadas se mantuvieron hidratadas con gasas humedecidas en suero fisiológico durante 24 horas para permitir que el material sellador se establezca.

Preparación de los conductos y postes de fibra de vidrio

Se prepararon los conductos con fresas de desobturación Gates Glidden (Dentsply-Maillefer®, Suiza) número 1, 2, 3 a 16 mm de longitud a baja velocidad. Con una fresa de 1.5mm de diámetro que está incluida en el kit de postes de fibra de vidrio marca Whitepost® se prepararon los conductos a 16 mm. Con una lima 80 K-file (Dentsply-Maillefer®, Suiza) se re-instrumentó haciendo ligera presión en las paredes. Los conductos durante la preparación fueron irrigados con suero fisiológico en una jeringa de 5 mL para eliminar los restos de material obturador.

Siguiendo las indicaciones del fabricante, antes de ser cementado, se limpió cada poste con alcohol (96°), se secó con aire durante 10 segundos. A continuación, se aplicó una capa del agente de unión Silano (ProSil-FGM) con ayuda de un microbrush. Se aplicó el silano hasta que el poste este completamente embebido y se dejó evaporar el solvente de acuerdo a cada grupo experimental. Una vez terminado el tiempo de evaporación, se secó el poste de fibra de vidrio con aire caliente (50 C° ± 5 C°) por 30 segundos con el objetivo de que el solvente tenga una mayor evaporación.



Cementación del poste de fibra de vidrio

Luego se procedió a la cementación del poste de fibra dentro del canal radicular según las indicaciones del fabricante. Se irrigó el conducto radicular con suero fisiológico. Posterior a ello se secó con conos de papel absorbente (ENDOMEDIC- Corea) número 80 hasta que el interior del conducto estuvo completamente seco. Se mezcló una porción de cemento resinoso autograbante (RelyX U200™-3M ESPE) por 20 segundos y se aplicó en toda la superficie del poste con una espátula de metal para cemento. Además, con ayuda de un léntulo (Dentsply- Maillefer®, Suiza) se aplicó el cemento al interior del conducto, con una rotación horaria y a poca velocidad. El poste de fibra de vidrio fue insertado en el canal radicular haciendo presión y los excesos fueron removidos inmediatamente con un explorador. Se fotopolimerizó inmediatamente por 40 segundos con una lámpara de polimerización Led (Leditión- Ivoclar Vivadent) con intensidad de 600 mW/cm² y se esperó 15 minutos a que el cemento termine de polimerizarse por completo en las zonas más profundas del conducto radicular. El fabricante menciona que con 6 minutos ya hay una polimerización completa del cemento, desde el inicio de la mezcla.

Las muestras fueron conservadas en una estufa (Hotpack®, USA) a 37 °C con 100 % de humedad por un tiempo de 24 horas, para permitir que la polimerización del cemento fuera completa y tener las mismas condiciones de humedad y temperatura que la cavidad bucal, hasta el inicio de los test de *push out*.

Test de *push out*

Se midió 10 mm desde la parte coronal de la raíz hacia apical y se realizó una marca para estandarizar los cortes. De cada raíz, se obtuvo un disco (1 mm de grosor) perpendicular al eje axial del mismo, a nivel de la marca realizada en el segundo tercio de la raíz.

La resistencia a la adhesión fue obtenida aplicando fuerzas transversales al interior del conducto (*push out*) utilizando una máquina de ensayos universal (Instron 8820). Cada disco fue posicionado

en un soporte metálico de acero inoxidable que tenía una perforación central de 2mm de diámetro. Debido a la forma cónica de los postes, la carga fue aplicada en sentido ápico-coronal a partir de la superficie apical. La carga fue aplicada sobre la superficie del poste por medio de una punta cilíndrica de 1 mm de diámetro, acoplada a la máquina de ensayo universal, con una cédula de carga de 100 kg a velocidad de 0,5mm/min. La fuerza de dislocamiento del poste fue registrada en el momento en que ocurrió el desprendimiento del fragmento del poste al conducto.

Los valores fueron registrados en kgf y posteriormente convertidos a mPa, a obtención de valores de resistencia adhesiva (alfa). Para calcular la resistencia adhesiva se utilizó la fórmula: alfa igual F/A. Donde F, en mPa, y la fuerza fue registrada en el momento de dislocamiento del poste.

Como el fragmento del poste es cónico, los diámetros de cada superficie y el espesor fueron medidos utilizando un paquímetro digital y el área total en mm². La interface adhesiva fue calculada aplicando la fórmula:

$$A = \pi (R_2 + R_1) [h + (R_2 - R_1) \frac{2}{3}]$$

Donde $\pi = 3,14$; R₂ = radio coronal del fragmento del poste; R₁ = radio apical del fragmento del poste; h = espesor de muestra

Para el análisis univariado se procedió a obtener la estadística descriptiva (media y desviación estándar). Además, se determinó si la muestra tiene distribución normal mediante la prueba Shapiro-Wilk. Para la comparación de la fuerza de adhesión de grupos de 60-120 y 120-180 segundos se utilizó la prueba U de Mann-Whitney y para el grupo de 60-180 segundos se utilizó la prueba t de student. Para la comparación de la fuerza de adhesión de los grupos de 60, 120 y 180 segundos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Se realizó con una confiabilidad de 95%.



Figura 1- Corte del diente de bovino a 20 mm



Figura 2- Instrumentación del conducto



Figura 3- Desobturación del conducto



Figura 4- Silanizado del poste



Figura 5- Tiempo de silanizado

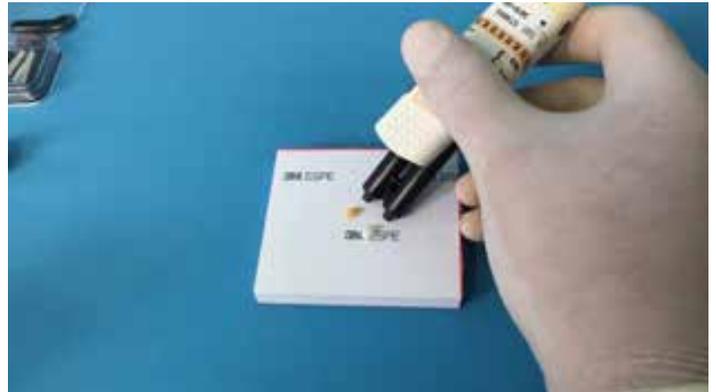


Figura 6- Cantidad de cemento para una muestra

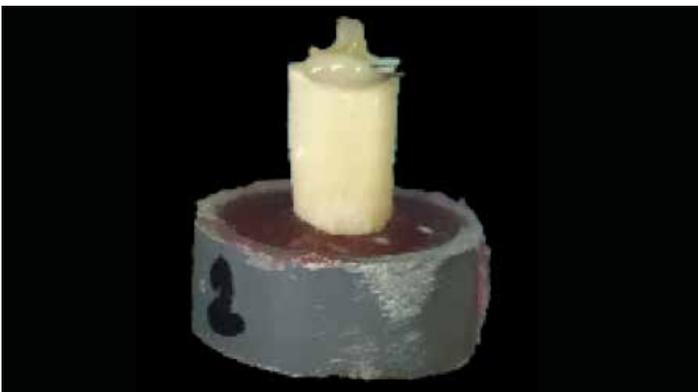


Figura 7- Postes de fibra de vidrio cementado



Figura 8- Corte del espécimen



Figura 9- Especímenes cortados



Figura 10- Test de push out

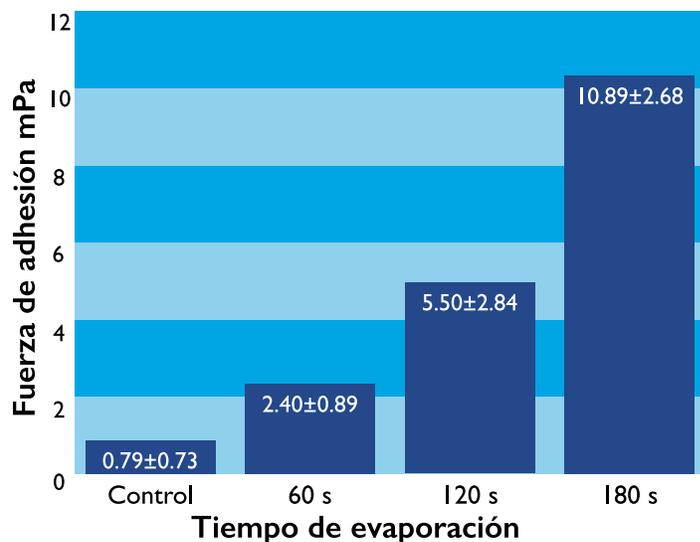


RESULTADOS

La fuerza de adhesión del poste al canal radicular se registró en mPa. La media (desviación estándar) de cada grupo fue la siguiente para el grupo de 60 segundos (2.40 ± 0.89), para el grupo de 120 segundos (5.50 ± 2.84) y para el de 180 segundos (10.89 ± 2.68), comparados al grupo control (0.79 ± 0.73). (Gráfico 1)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los grupos de 60-120s, 120-180s (U de Mann Whitney, $p=0.0015$ y $p=0.0015$ respectivamente) y 60-180s (t de Student, $p=0.000$). (Tabla 1)

Al comparar los grupos de 60-120-180s se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Kruskal Wallis, $p=0.0001$) observándose una mayor fuerza de adhesión en el grupo de 180 segundos de evaporación del solvente. (Tabla 2)



EVAPORACIÓN	GRUPOS	MEDIA	D.S	p^*
	60 SEGUNDOS	2.40	0.89	0.0015*
	120 SEGUNDOS	5.50	2.84	
	60 SEGUNDOS	2.40	0.89	0.0000**
	180 SEGUNDOS	10.89	2.68	
	120 SEGUNDOS	5.50	2.84	0.0015*
180 SEGUNDOS	10.89	2.68		

Tabla 1: Fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio tratados con silano ProSil- FGM a la evaporación del solvente (60-120s, 60-180s y 120-180s) y cementados con cemento resinoso RelyX U200™- 3M ESPE

Prueba de U de Mann Whitney

** Prueba t de Student

Nivel de significancia estadística, ($p < 0.05$)

GRUPOS		MEDIA	D.S	p^*
EVAPORACIÓN	60 SEGUNDOS	2.40	0.89	0.0001*
	120 SEGUNDOS	5.50	2.84	
	180 SEGUNDOS	10.89	2.68	

Tabla 2: Fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio tratados con silano ProSil- FGM a la evaporación del solvente (60-120-180s) y cementados con cemento resinoso RelyX U200™- 3M ESPE

*Prueba de Kruskal Wallis

Nivel de significancia estadística, ($p < 0.05$)



DISCUSIÓN

La pérdida de adhesión en la interface poste-cemento-dentina es la principal causa de falla de restauraciones de dientes tratados endodónticamente y rehabilitados con postes de fibra de vidrio cementados con cementos resinosos.⁹

La unión del silano al poste es considerada una técnica sensible, ya que la fuerza de adhesión al poste puede ser afectada por la composición del silano y la temperatura del aire al secar.

Nuestros hallazgos demostraron que el grupo de 180 segundos tuvo mayor resistencia a la adhesión comparado con el grupo de 60 y 120 segundos. Una pequeña cantidad del silano podría ser beneficiosa para promover la humectación al poste de fibra de vidrio, pero una incompleta o parcial remoción, puede comprometer la interacción con las fibras de vidrio. Los silanos a base de etanol y agua como solvente tienen un comportamiento más estable, debido a que aumentan la resistencia a la adhesión y son más difíciles de evaporarse. Al utilizar aire caliente para la evaporación del solvente se acelera el mecanismo de interacción química entre el silano y la superficie inorgánica (fibras de vidrio). Este tratamiento previo a la cementación es usado para asistir la evaporación del solvente y la reacción del producto en la superficie tratada con silano.^{10,11}

En el 2000, Barghi y col. indicaron que la porcelana silanizada presenta una mayor fuerza de resistencia al cizallamiento después de ser tratado con aire caliente y esto es atribuido a que al utilizar aire caliente se promueve la eliminación de agua, alcohol, ácido acético de la superficie tratada con silano.¹² Por otro lado, en el 2010, Fabianelli y col. reportaron que para acelerar y mejorar la interacción química entre el silano y la parte inorgánica, la reacción debe ser catalizada con tratamiento ácido o temperatura.¹³

El grupo de 60 segundos tuvo una evaporación parcial del solvente del silano. La interacción entre el cemento resinoso y el poste es de suma importancia para determinar la fuerza de adhesión del poste en el canal radicular. Lo que sucedió en el grupo de menos tiempo de evaporación fue que el solvente no pudo penetrar la parte inorgánica del poste de fibra de vidrio en su totalidad, por ende, el silano humectó parcialmente las fibras de vidrio. Al utilizar el cemento resinoso, éste se unió al silano que estaba en la parte inorgánica del poste y a la matriz resinosa del poste de fibra de vidrio, logrando

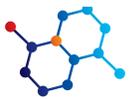
así que la fuerza de adhesión del poste a la prueba de push-out no sea tan buena como el grupo de 180 segundos en la que el solvente si tuvo una mejor penetración en las fibras inorgánicas y por ende una mayor fuerza de adhesión del poste a la prueba de push-out. En el 2006, Abel y col. indicaron que la calidad de adhesión usando agentes de enlace de silano no depende únicamente de las especificaciones del silano, tales como el pH, la concentración, naturaleza del solvente y el tiempo para la hidrólisis, sino también en el protocolo de aplicación, tales como las condiciones de secado, el tiempo entre las aplicaciones de silano y el adhesivo de resina, temperatura y humedad del medio ambiente.⁽¹⁴⁾

Esto puede ser comparable con el proceso de grabado ácido en dentina, en donde el ácido sirve para crear mayor retención al exponer las fibras de colágeno y eliminar el barro dentinario. Seguido de esto se utiliza el primer/adhesivo en los sistemas de 5ta generación que también tienen un solvente en su composición, el cual ayuda a que el primer y adhesivo pueda penetrar dentro de la estructura dental y así formar los tags para tener una mejor retención de la resina compuesta. Si no se le da el tiempo suficiente al primer para ingresar dentro de la red de colágeno expuesta después del grabado ácido de la dentina, el adhesivo no va a poder ingresar y humectar toda la red de colágeno para formar una adecuada capa híbrida. Además, la interacción entre el poste de fibra de vidrio y la resina compuesta es esencial para poder reconstruir después la corona del diente.⁽¹⁵⁾

La importancia final del estudio es que al utilizar mayor tiempo de evaporación (180 segundos) podría obtenerse una mayor fuerza de adhesión del poste al canal radicular. Además, un factor importante que puede influir en la efectividad del silano es la evaporación del solvente. No se ha encontrado estudios o información acerca del tiempo de evaporación del solvente, sin embargo si se ha encontrado que algunos factores como son la temperatura pueden favorecer la evaporación del solvente.

CONCLUSIÓN

Según los resultados se encontró que la evaporación del solvente por 180 segundos presento mayor resistencia adhesiva comparado con la evaporación por 60s, 120s y control.



Referencias

1. Choi Y, Pae A, Park E, Wright R. The effect of surface treatment of fiber-reinforced posts on adhesion of a resin-based luting agent. *J Prosthet Dent* 2010;103(6):363-7.
2. Abate P, Borgia E, Busato A, Carvalho R, Corts J, Costa C, Edelberg M, Garone W, Gomes J, Gudiño S, Guzman H, Henostroza G, Macchi R, Pereira J, Steenbecker O, Uribe-Echevarria J. Adhesión en odontología restauradora. 2nd ed. Madrid: Ripano S.A; 2010.
3. Dimitrouli M, Geurtsen W, Lührs A. Comparison of the push-out strength of two fiber post systems dependent on different types of resin cements. *Clin Oral Investig* 2012;16(3):899-908.
4. Arcas A, Luis A, de Souza L, Correr-Sobrinho L, Coelho M. Effects of Silane Application on Luting Fiber Posts Using Self-adhesive Resin Cement. *J Adhes Dent* 2013;15(3):269-74.
5. Rodrigues A, Oliveira A, Dos Santos P, Ratto R. Chemical cleaning agents and bonding to glass-fiber posts. *Braz Oral Res* 2013;27(1):70-2.
6. Schmage P, Yalcin F, Nergiz I, Pfeiffer P. Effect of surface conditioning on the retentive bond strengths of fiber reinforced composite posts. *J Prosthet Dent* 2009;102(6):368-77.
7. Hooshmand T, Noort R, Keshvad A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. *Dent Mater* 2002;18(2):179-88.
8. Alaghemand H, Mirzae M, Ahmadi E, Saidi A. Effect of different post-space pretreatments on fiber post bonding to root dentin. *Dent Res J* 2013;10(4):545-52.
9. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater* 2003;19(3):199-205.
10. Novais V, Simamoto P, Rontani R, Correr L, Soares C. Bond strength between fiber posts and composite resin core- influence of temperature on silane coupling agents. *Braz Dent J* 2011;23(1):8-14.
11. Peres C, Guimaraes M, Novais V, De Sousa M, Soares C. Effect of silane type and air-drying temperature on bonding fiber post to composite core and resin cement. *Braz Dent J* 2014;25(3):217-24.
12. Barghi N, Berry T, Chung K. Effect of timing and heat treatment of silanated porcelain on the bond strength. *J Oral Rehabil* 2000;27:407-12.
13. Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C, Cantorro A, Ferrari M. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. *J Dent* 2010;38:39-43.
14. Abel ML, Allington LD, Digby RP, Porrit N, Shaw SJ, Watts JF. Understanding the relationship between silane application conditions, bond durability and locus of failure. *Int J Adhes* 2006;26:2-15.
15. Hernández M. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. *Av Odontostomatol* 2004;20(1):19-32.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Clínica Docente y Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima –Perú por el uso de sus instalaciones y equipos para la elaboración de este proyecto.

Recibido Diciembre 10 – 2015

Aceptado Marzo 07 - 2016