

Trabajos Originales:

INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN DE LOS TÚBULOS DENTINARIOS EN LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO. ESTUDIO *IN-VITRO* DE DOS SISTEMAS ADHESIVOS

Recibido para arbitraje: 17/11/2009

Aceptado para publicación: 04/03/2010

G.Moncada, P. Angel, S. Tagle, E. Fernandez, J. Martin

Operative Dentistry Dental School University of Chile

Corresponding author: Pablo Angel, DDS. Operatoria Dental Facultad de Odontología Universidad de Chile Sergio Livingstone P. 943, oficina 304 Independencia - Santiago - Chile Fono: (562)9781742 email: pangel66@hotmail.com

Resumen

La unión adhesiva es requisito básico para retener y sellar las restauraciones de resina compuesta. Objetivo: determinar la influencia de la dirección de los túbulos dentinarios en la resistencia al cizallamiento de 2 sistemas adhesivos y determinar tipo de fractura. Método: 40 terceros molares humanos sanos, fueron divididos a la mitad, montados en acrílico y desgastados con papel de lija, bajo agua para exponer los túbulos dentinarios transversalmente (especímenes #1 al #40) y longitudinalmente (especímenes del #41 al #80). Se separaron en 4 grupos, tratados con: Grupo A (especímenes #1 al #20): adhesivo de dos etapas, One Coat Bond® (Coltene®), Grupo B (especímenes #21 al #40): adhesivo autograbante, Adper® Prompt® (3M® ESPE®), Grupo C (especímenes #41 al #60): One Coat Bond® y Grupo D (especímenes #61 al #80): Adper® Prompt®. Sobre los adhesivos se construyeron cilindros de resina restauradora Filtek® Supreme (3M® ESPE®). Los especímenes fueron sometidos a pruebas de cizallamiento en una máquina de ensayos universal Instron®. Los datos fueron analizados estadísticamente por medio del test t de Student. Resultados: Grupo A: 16,9 Mpa (\pm 8,8), Grupo B: 20,2 Mpa (\pm 9,12), Grupo C: 14,2 Mpa (\pm 7,4) y Grupo D: 11,9 Mpa (\pm 6,11). Conclusiones: la dirección de los túbulos dentinarios afecta directamente los valores de resistencia al cizallamiento sólo en el adhesivo autograbante ($p=0,002$). El adhesivo de dos tiempos mostró valores similares en ambas direcciones de los túbulos ($p=0,297$). Al MEB la fractura mixta fue la observada con mayor frecuencia (60%).

Palabras clave: Adhesivo dentinario, Resistencia al corte, Resinas compuestas.

Abstract

The adhesion is a basic requirement to seal and retain the resin based composite restorations. Objective: To determine the influence of the dentin tubules orientations in shear bond strength (SBS) of 2 adhesive systems and to determine the type of fracture. Method: 80 specimens were obtained from 40 healthy human third molars, they were mounted in acrylic molds and polished under tap water - SiC paper 400 grit - to expose the dentin tubules cross section (specimen #1 - #40) and lengthwise of them (#41 - #80). Four groups were formed and treated with: Group A (specimens #1 - #20): One Coat Bond® (Coltene®) a two step adhesive; Group B (specimens #21 - #40): Adper® Prompt® (3M® ESPE®) a self-etch adhesive; Group C (specimens #41 - #60): One Coat Bond® and Group D (specimens #61 - #80): Adper® Prompt®. After the adhesive procedures, a composite cylinder, Filtek® Supreme (3M® ESPE®) was built for SBS test, that was carried out in an Instron® Universal Testing Machine. The Bond Strength data were analyzed with t-test. Results: Group A: 16.9 Mpa (\pm 8,8), Group B: 20.2 Mpa (\pm 9, 12), Group C: 14.2 Mpa (\pm 7, 4) and Group D: 11.9 Mpa (\pm 6, 11). It was concluded that dentin tubules orientation affects the SBS only in the self-etch adhesive ($p=0.002$). Two step adhesive showed similar SBS in both tubule orientations ($p=0.297$). Observation by SEM showed the mix fracture was the most frequent (60%).

Key words: Dentin-Bonding Agents, Shear Strength, Composite Resins, Dentin Tubules

Introducción

El mecanismo primario de unión de los sistemas adhesivos a la dentina es la impregnación de la superficie de la dentina parcialmente desmineralizada con una resina *primer*/adhesivo, que polimerizada en medio de las fibras colágenas forma la capa híbrida.(1,2)

Los adhesivos actualmente se pueden clasificar según la cantidad de etapas involucradas, en aquellos que se aplican en dos tiempos o "de grabado y lavado" y en un tiempo o "autograbantes".(1)

En los adhesivos "de grabado y lavado", el grabado ácido remueve el barro dentinario y deja expuestas las fibras colágenas de la matriz dentinaria, luego el primer, que difunde con los monómeros hidrofílicos a través de la dentina desmineralizada, estabiliza la malla hidratada de colágeno y desplaza el agua con los monómeros polimerizables. Sin embargo, existe evidencia que el *primer* y el adhesivo no pueden penetrar completamente la capa colágena de la dentina.(3,4) Los sistemas adhesivos de "autograbado" son un aporte para prevenir brechas en la capa híbrida y de esta forma, disminuir la sensibilidad postoperatoria. Con los sistemas autograbantes, el grabado e imprimación dentinaria ocurren simultáneamente por infiltración de las resinas acídicas en el barro que cubre la dentina, no estando aún definido si estos materiales producen uniones fuertes y duraderas.(5)

En restauraciones operatorias adhesivas con o sin cavidad, la estructura dentinaria puede abordarse en diferentes direcciones de los túbulos dentinarios. Dependiendo del caso clínico, la unión adhesiva, puede darse a túbulos expuestos en forma perpendicular o paralela a su eje. Escasa y contradictoria información ha sido publicada respecto a la influencia de la orientación de los túbulos como sustrato adhesivo. Phrukkanon et al(6), demostraron que un *primer* experimental autograbante, producía similares valores de adhesión, independientemente de la orientación de los túbulos dentinarios. Contrariamente, Ogata et al(7) encontraron que al usar diferentes adhesivos de dos etapas, la resistencia traccional fue mayor en los túbulos dentinarios expuestos paralelamente, que en los túbulos cortados perpendicularmente.

Los objetivos del presente trabajo fueron: determinar la influencia de la dirección de los túbulos dentinarios en la resistencia al cizallamiento al usar un sistema adhesivo de dos etapas "de grabado y lavado" One Coat Bond® (Coltene®) y uno "autograbante" Adper® Prompt® (3M® ESPE®), así como determinar también el tipo de fractura resultante, mediante observación de las probetas al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

Material y Método

Se recolectaron 40 terceros molares macroscópicamente sanos, recientemente extraídos por indicación ortodóncica, los que fueron conservados en suero fisiológico a temperatura ambiente. En 20 de los molares se alisaron las superficies vestibular y lingual/palatina de forma de obtener una superficie dentinaria amplia, con los túbulos expuestos transversalmente (imagen 1). Luego se realizó un corte mesiodistal y paralelo al eje axial obteniéndose 40 especímenes.

Imagen 1



En los restantes 20 molares, se realizó un corte mesiodistal y diagonal desde las cúspides de una cara libre hasta la zona cervical de la cara opuesta, obteniéndose 40 especímenes con sus túbulos expuestos longitudinalmente (imagen 2).

Imagen 2



Las superficies expuestas fueron pulidas con papel de lija SiC número 400, bajo abundante agua. Cada muestra dentaria se incluyó en una matriz cilíndrica de 18mm de diámetro y 8mm de alto de acrílico de autocurado Marche® (Productos Dentales Marche, Félix Martin y Cía. Ltda., Casilla 3503, Santiago, Chile), dejando expuesta sólo la superficie dentinaria a estudiar. Así los 80 especímenes se distribuyeron en 4 grupos de estudio:

- GRUPO A: Túbulos expuestos transversalmente y tratados con adhesivo One Coat Bond®, Coltene® (Coltene AG, Feldwiesenstrasse 20, 9450 Altstätten, Switzerland),
- GRUPO B: Túbulos expuestos transversalmente y tratados con adhesivo Adper® Prompt®, 3M® ESPE® (3M Center, Building 275-2SE-03, St. Paul, MN 55144-1000, U.S.A.),
- GRUPO C: Túbulos expuestos longitudinalmente y tratados con adhesivo One Coat Bond®, Coltene®,
- GRUPO D: Túbulos expuestos longitudinalmente y tratados con adhesivo Adper® Prompt®, 3M® ESPE®.

En los grupos A y C la superficie dentinaria fue grabada con Coltene® Etchant Gel 15, según las instrucciones descritas por el fabricante. Posteriormente fue aplicado el adhesivo One Coat Bond® Coltene®.

En los grupos B y D se aplicó el adhesivo autograbante de una etapa, Adper® Prompt®, 3M® ESPE®, según los pasos descritos por el fabricante.

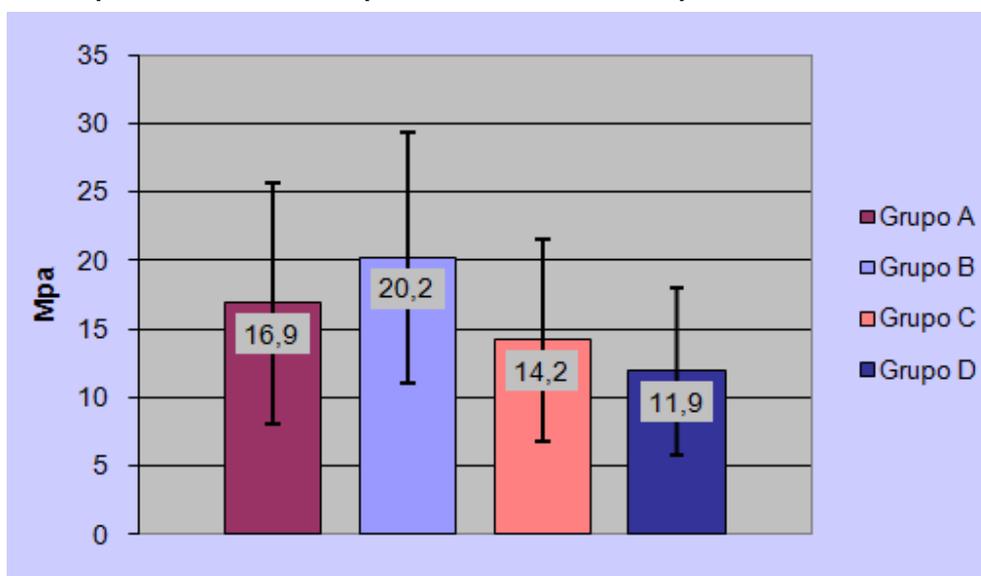
Sobre todos los especímenes fueron construidos cilindros de 4mm de alto y 2mm de diámetro de resina compuesta Filtek® Supreme, Universal Restorative, A3 Body Shade, (3M® ESPE®). La resina fue polimerizada con la lámpara XL 2500 (3M® ESPE®), durante 10 segundos ubicada a 2cm de distancia y luego por 30 segundos con la fuente de luz en contacto con el material restaurador.(8) Cada probeta fue mantenida en una estufa de cultivo (Vivadent®, Ivoclar-Vivadent A.G.) a 37°C durante 48 hrs.

Los especímenes fueron sometidos a cargas de cizallamiento mediante el uso de una máquina Instron® modelo TTDM (Instron Corporation Headquarters, 100 Royal Street Canton, Massachusetts, 02021, U.S.A.), hasta la fractura o desalojo de la resina, utilizando una célula de carga de 200 Kg. a una velocidad de 0,2 cm/min. Los datos fueron expresados en Mpa. Los resultados fueron analizados estadísticamente por medio del Test t de Student.

Adicionalmente, los especímenes se observaron al MEB para definir el tipo de fractura. Para esto fueron secados a 37°C durante 2 a 3 días con calor seco. Posteriormente se montaron en un soporte, adheridos con tintura de plata y se realizó el metalizado de la muestra de 10 nm de espesor con paladio-oro, en un equipo POLARON. Finalmente se realizó la observación en el Microscopio Electrónico de Barrido Zeiss DSM 940 de la Unidad de Microscopía Electrónica-CESAT, de la Facultad de Medicina, de la Universidad de Chile.

Resultados

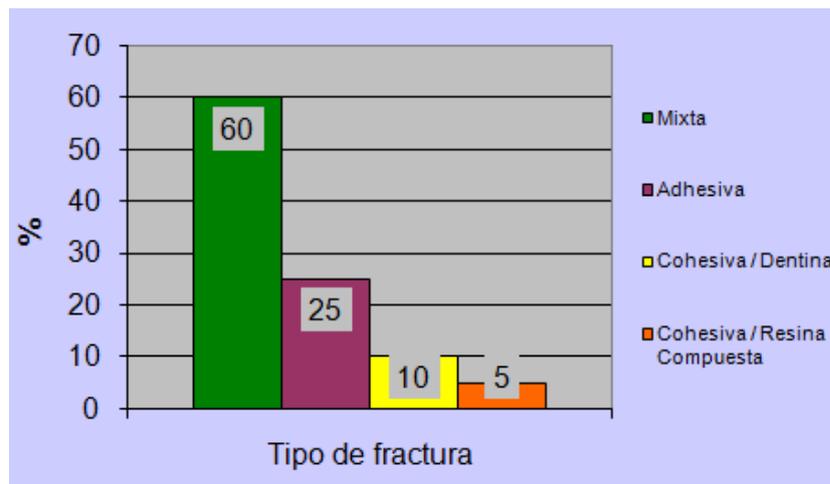
Gráfico 1
Promedio de valores de la resistencia al cizallamiento separados por grupo, expresados en Mpa y Desviación Standard. Grupo A 16,9±8,8 MPa; Grupo B 20,2±9,12; Grupo C 14,2±7,4 MPa; Grupo D 11,9±6,11 MPa.



En los grupos tratados con adhesivo de grabado y lavado (grupos A y C), la mayor resistencia al cizallamiento se observó cuando los túbulos dentinarios fueron expuestos en forma perpendicular (grupo A), pero la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0,297$).

En los grupos tratados con adhesivo autograbante (grupos B y D), la resistencia al cizallamiento es significativamente mayor cuando los túbulos dentinarios se exponen perpendicularmente a la superficie (grupo B) ($p=0,002$).

Gráfico 2
Clasificación y cuantificación del tipo de trazo de fractura observada al MEB después de la prueba de cizallamiento, expresado en porcentajes.



El gráfico 2 muestra el tipo de fractura que se produjo, observado al MEB. La más prevalente fue la fractura mixta (60%), seguida de la fractura adhesiva (25%), siendo las menos prevalentes las cohesivas en dentina (10%) y en resina compuesta (5%).

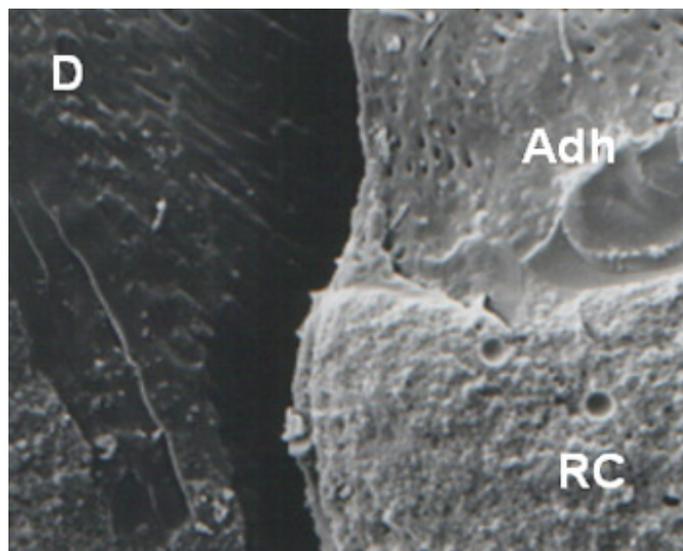
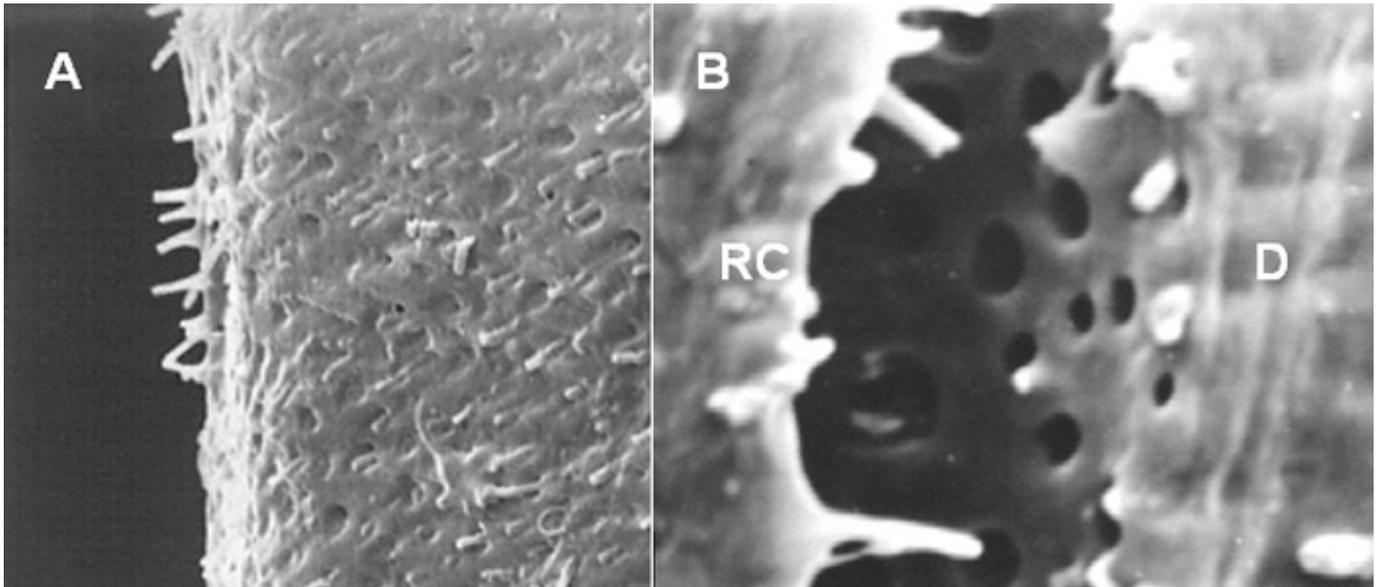


Imagen 3
Fractura mixta

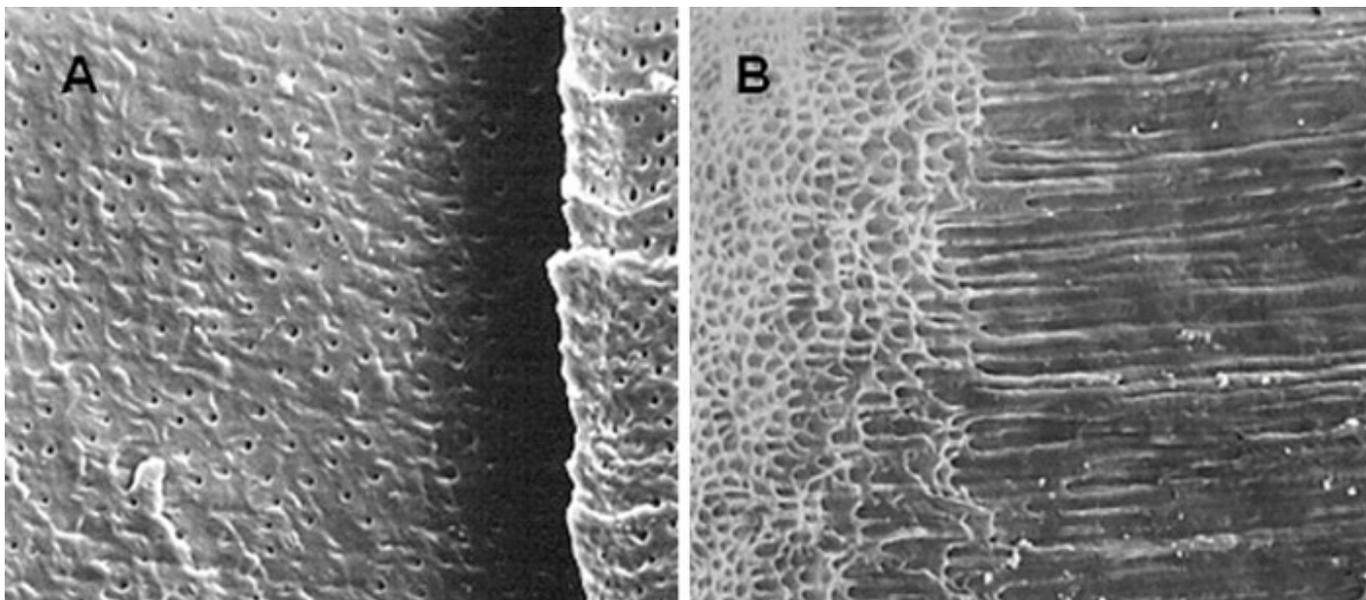
La imagen 3 muestra una foto de MEB a un aumento de 500x, donde se observa fractura mixta, la que incluyó fractura cohesiva de la resina restauradora (RC), fractura cohesiva de la dentina (D) y fractura adhesiva en la unión. Este tipo de fractura se observó en 48 de los 80 casos (60%).

Imagen 4
Fractura Adhesiva



La imagen 4 muestra fractura de la unión adhesiva. La imagen A corresponde a la resina compuesta desprendida de un espécimen del Grupo A visto con aumento de 1000x. Se observan los tarugos desplazados fuera de los túbulos, los que se aprecian de forma cilíndrica y de contorno regular. La imagen B corresponde a un ejemplar del Grupo B con aumento de 3000x, donde la fractura adhesiva desalojó la capa híbrida y los tarugos del interior de la dentina. Los túbulos dentinarios perdieron su sellado.

Imagen 5
Fractura cohesiva de la dentina



La imagen 5 muestra la fractura cohesiva de la dentina, con un aumento de 500x. La fractura cohesiva sólo de la dentina se observó en el 10% de los casos y habitualmente se propagó a distancia de la unión adhesiva. La imagen B muestra la fractura cohesiva de la dentina, que también se presentó cuando la unión adhesiva se efectuó paralelo al eje mayor de los túbulos dentinarios.

Discusión

La fuerza de adhesión a dentina que puedan alcanzar los materiales resinosos, depende de la fuerza provista por la superficie de adhesión mediante la formación de tarugos de resina, siempre y cuando estén íntimamente adheridos a las paredes de los túbulos dentinarios, y de la capa híbrida, generada especialmente por la infiltración de resina en la matriz colágena de la dentina intertubular.(9)

En el presente estudio se analizó en qué magnitud la fuerza de adhesión a dentina se ve afectada por la orientación de los túbulos dentinarios. La dentina corresponde a un tejido conjuntivo mineralizado compuesto por un 70% de materia inorgánica (cristales de hidroxiapatita, fosfatos cálcicos y sales minerales), 18% de material orgánico (principalmente colágeno tipo I, polisacáridos y lípidos) y un 12% de agua. Además, la hidroxiapatita dentinaria tiene una distribución al azar en una matriz orgánica compuesta principalmente de colágeno.(10) Una de sus principales características, es que se conecta con el órgano pulpar a través de túbulos que contienen las prolongaciones de las células odontoblásticas. Cada túbulo está rodeado por dentina hipermineralizada, es decir con alto contenido mineral y escasas fibras colágenas, llamada dentina peritubular que posee un grosor menor a 1 μ m. La matriz o dentina intertubular es aquella que llena los espacios entre las áreas peritubulares, formando la mayor parte de la dentina. Si bien está altamente mineralizada, su contenido inorgánico es menor que el de la matriz peritubular y está compuesta por fibrillas colágenas las cuales se disponen en forma de red alrededor de los túbulos dentinarios. Las fibrillas colágenas de ambas zonas se entrecruzan libremente.(11,12,13) Los túbulos dentinarios al ser cortados transversalmente, ofrecen por su disposición histológica, la posibilidad de servir como matriz para la generación de tarugos de resina de mayor o menor longitud según sea el sistema adhesivo usado, no ocurriendo esto en un corte longitudinal, ya que en esta disposición histológica el sistema adhesivo no encontrará una vía potencial para generación de tarugos. La

investigación actual confirma que la orientación tubular es un factor relevante en la fuerza de adhesión. (14,15)

El adhesivo de un paso Adper Prompt, clasificado como un adhesivo autograbante fuerte, tiene un pH muy bajo (<1) y exhibe un mecanismo de adhesión y ultramorfología interfacial en dentina que se asemeja a la generada por los adhesivos de grabado y lavado. (16) Sin embargo en este estudio, su resistencia adhesiva al cizallamiento fue afectada significativamente por variaciones en la orientación tubular ($p=0.002$). En los especímenes en los que se lo aplicó en túbulos expuestos transversalmente (grupo B), se obtuvo el mayor valor de resistencia al cizallamiento de todos los grupos del estudio ($20,2 \pm 9,12$ MPa), mientras que en túbulos expuestos longitudinalmente (grupo D), mostró el menor valor ($11,98 \pm 6,11$ MPa). Esto podría hacer pensar que con este adhesivo, la fuerza de unión a dentina depende altamente de la posibilidad de penetración en los túbulos dentinarios.

Por otro lado el adhesivo One Coat Bond, adhesivo de grabado y lavado que no posee solventes volátiles en su composición, no fue afectado por la orientación tubular ($p=0,297$). Estos resultados difieren con los obtenidos por Phrukkanon et al(6), quienes encontraron que el adhesivo autograbante mostraba estadísticamente mejores resultados (26 MPa) que el adhesivo de dos etapas (19 MPa) sobre túbulos expuestos longitudinalmente, no existiendo diferencia en sus resultados en túbulos expuestos transversalmente.

Dean J et al(17) usando sistemas adhesivos de una etapa sobre superficies con túbulos dentinarios expuestos longitudinalmente, obtuvieron valores de resistencia a la tracción de 43 MPa, mientras que en aquellas con túbulos expuestos transversalmente 17 MPa. También Dermann et al(18), usando sistemas adhesivos de una y dos etapas, concluyeron que la resistencia a la tracción es mayor sobre túbulos expuestos longitudinalmente que transversalmente. Los resultados del presente estudio difieren con los de Dean et al(17) y Dermann et al(18), ya que la fuerza adhesiva fue mayor al actuar sobre túbulos expuestos transversalmente para ambos sistemas. Esta diferencia podría deberse a las diferentes pruebas usadas para determinar fuerza adhesiva, tracción versus cizallamiento.

En el presente trabajo, el trazo de fractura más frecuentemente observado al MEB fue la mixta (60% de los casos). En todos estos casos el trazo incluyó, además de fractura adhesiva, fractura de la dentina y de la resina compuesta, permitiendo plantear que las uniones adhesivas de estos dos materiales (One Coat Bond® y Adper® Prompt®) presentan valores, que en la mayoría de las oportunidades igualan o superan la fuerza cohesiva tanto de la dentina como del material restaurador, impidiendo medir exclusivamente la falla adhesiva pura que ocurrió en el 25% de los casos. También se debe considerar que estos resultados se deben interpretar teniendo en cuenta el hecho que no se efectuó preparación cavitaria para retener el material y que todas las probetas presentaron Factor C favorable dado el uso de una sola superficie aplanada en dentina, la que a su vez por ser un trabajo in vitro, no presentaba presión ni fluido pulpodentinario.

Conclusiones

La unión adhesiva a dentina in vitro para ambos sistemas adhesivos investigados, presentó mayores valores de resistencia al cizallamiento sobre túbulos expuestos transversalmente que longitudinalmente.

Los resultados de este estudio sugieren que la fuerza adhesiva del sistema de un tiempo o autograbante Adper® Prompt® (3M® ESPE®), disminuye en zonas dentinarias con túbulos expuestos longitudinalmente.

Referencias Bibliográficas

1. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial

- lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003 May-Jun; 28(3): 215-35.
2. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982 May; 16(3): 265-73.
 3. Van Meerbeek B, Dhem A, Goret-Nicaise M, Braem M, Lambrechts P, VanHerle G. Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 1993 Feb; 72(2): 495-501.
 4. Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 1994 March; 19(2): 59-64.
 5. Sano H, Yoshikawa T, Pereira P N, Kanemura N, Morigami M, Tagami J, et al. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res* 1999; 78(4): 906-911.
 6. Phrukkanon S, Burrow M F, Tyas M J. The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentine. *J Dent* 1999 May; 27(4): 265-74.
 7. Ogata M, Okuda M, Nakajima M, Pereira PN, Sano H, Tagami J. Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. *Oper Dent* 2001 Jan-Feb; 26(1): 27-35.
 8. Yap Y, Soh M, Siow K. Post-gel shrinkage with pulse activation and soft-start polymerization. *Oper Dent* 2002; 27: 81-87.
 9. Pashley DH, Carvalho RM. Dentin permeability and dentin adhesion. *J Dent* 1997; 25: 355-72.
 10. Swift E, Perdigao J, Heymann H. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int* 1995; 26(2): 95-110.
 11. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa B T, Lopes M. No-bottle v/s Multi-bottle dentin adhesives - a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 2001; 17: 373-380.
 12. Mery C, Montenegro M A, et al. *Histología y Embriología del Sistema Estomatognático*. 1ª Ed. Santiago, Chile: Ediciones Universidad de Chile; 1986. p. 61-75.
 13. Roig Cayón M, Brau Aguadé E, Canalda Salí C. Consideraciones generales sobre el uso clínico de los adhesivos dentinarios. *Oper Dent Endod* 1997; 1(1): 10.
 14. Carvalho RM, Fernandes CA, Villanueva R, Wang L, Pashley DH. Tensile strength of human dentin as a function of tubule orientation and density. *J Adhes Dent* 2001; 3(4): 309-14.
 15. Watanabe LG, Marshall GW Jr, Marshall SJ. Dentin shear strength: effects of tubule orientation and intratooth location. *Dent Mater* 1996 Mar; 12(2): 109-15.
 16. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. "A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results". *J Dent Res* 2005 Feb; 84(2): 118-132.
 17. Dean J, Vargas M, Armstrong S, Lafoon J. Effect of dentin tubule orientation and boundary

conditions on microtensile bond strength (abstract 2616). J Dent Res 2000; 79: 186.

18. Dermann K, Albert P, Dreher L. Influence of dentin depth and tubule orientation on adhesion (abstract 0176). J Dent Res 2000; 79: 186.