

# Aumento en la fuerza de adhesión a dentina con una capa extra de adhesivo dentinal

\* Dr. David Lafuente, MS

## RESUMEN

El propósito de este estudio es evaluar si la aplicación de una tercera capa de adhesivo tiene algún efecto en la fuerza de adhesión de un adhesivo dentinal a la dentina. 30 piezas extraídas fueron cortadas y embebidas en acrílico, la dentina media fue expuesta con lija de SiC de grano 600; luego se aplicaron los adhesivos: *Prime&Bond NT*, *SingleBond 2* y *Excite*. Un grupo (n=5) recibió dos capas de adhesivo, tal y como indica el fabricante, y el otro tres capas. Las muestras fueron probadas en cizalla luego de ser almacenadas 7 días en agua a 37° C, a una velocidad de 1 mm/min. Los resultados en MPa fueron: PBNT 2 capas: 19.3; PBNT 3 capas: 32.6; SB2, 2 capas: 32.1; SB2, 3 capas: 38.2; EXC 2 capas: 38.2; EXC 3 capas: 44.7. Así se concluye que una tercera capa de los adhesivos probados en este estudio, aumentan su fuerza de adhesión a dentina.

## PALABRAS CLAVE

Adhesión, dentina, adhesivos dentinales.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate if the bonding strength of dentin to dentin bonding agents increases with the application of a third layer of adhesive. 30 extracted molars were cut and embedded in acrylic before having the mid-dentin exposed with 600 grit SiC paper. Adhesives Prime&Bond NT, SingleBond 2 and Excite were applied, one group (n=5) received two layers of adhesive, as indicated by the manufacturer, and another group received a third layer of adhesive. Samples were stored in water for 7 days at 37° C before being tested in shear at a speed of 1 mm/min. Results in MPa were: PBNT 2 layers: 19.3; PBNT 3 layers: 32.6; SB2, 2 layers: 32.1; 3 layers: 38.2; EXC 2 layers: 38.2; EXC 3 layers: 44.7. The application of a third layer of adhesive increases the bond strength on dentin of the dentin bonding agents used in this study.

## KEY WORDS

Bonding, dentin, dentin bonding agents.

## Introducción

Durante mucho tiempo ha existido discrepancia entre las instrucciones de uso que los fabricantes de materiales dentales entregan al odontólogo de sus materiales, y el correcto uso en la práctica. Los fabricantes deben tomar en cuenta no solo cómo se deben utilizar sus productos de forma que se obtengan resultados clínicamente aceptables y repetibles, sino también entregarlos con una técnica fácil y rápida. Se ha reportado que si los adhesivos se aplican siguiendo las recomendaciones de los fabricantes, los resultados no son los óptimos, pues los polímeros que lo forman no pueden penetrar, homogéneamente, todo el entramado de las fibras colágenas expuestas por la desmineralización, sobretodo aquellos de alto peso molecular (Spencer y Swarfford 1999; Wang y Spencer 2003; Ferrari y otros 2001).

Estudios anteriores han demostrado que, cuando se utilizan técnicas diferentes a las recomendadas por el fabricante, se pueden producir fuerzas de adhesión superiores, ya sea variando el tiempo de aplicación de alguno de los componentes o la manera en que el primer o el adhesivo es aplicado (Lafuente, 2004; Van Meerbeek y otros 1992; Ferrari y otros 1997; Miyasaki y otros 1996; Frankenberger y otros 2000; Kanca 1998; Cardoso y otros 1998). Reis y colaboradores evaluaron *Single Bond* y *One Step*, y ambos aumentaron su fuerza de adhesión cuando se les dejó más tiempo en dentina luego de colocarlos antes de fotocurar, hasta 300 segundos. Esto se da, según ellos, porque permite mayor penetración además de una mejor evaporación del solvente lo que propicia la formación de polímeros más fuertes en la zona de interdifusión.

El análisis de las fuerzas de adhesión de los adhesivos dentinales,

tiene que ver mucho con sus propiedades mecánicas. Conforme se aplica un esfuerzo sobre una interfase con un adhesivo, este se estira, lo cual da un aumento en su módulo de elasticidad, y hace al material más frágil (Phrukkanon y otros 1998; Van Noort y otros 1989; DeHoff y otros 1995).

La aplicación de los adhesivos dentinales produce la formación de prolongaciones de resina de diferentes longitudes en la dentina interradicular. Cuando se observan menos espacios entre el adhesivo y la dentina en el microscopio electrónico de barrido se ve también que existe una capa de adhesivo polimerizada bien definida en contacto con la dentina. Esto provee evidencia de las propiedades elásticas del adhesivo, y de que una capa lo suficientemente gruesa de adhesivo con o sin relleno puede absorber, en parte, los esfuerzos de la contracción por polimerización de la resina compuesta (Van Meerbeek y otros 1998; Kemp-Scholte y Davidson 1990; van Meerbeek y otros 1993).

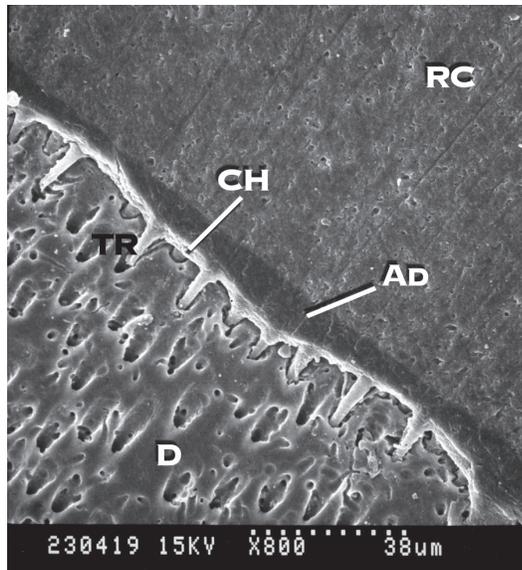
Desde 1921, Griffith señaló que la propagación de las fracturas es un proceso termodinámico reversible, en vez de solo un asunto mecánico. Él planteó que un cuerpo elástico en tensión, aumenta su energía elástica hasta que se forma una grieta por fractura y se empieza a propagar. La grieta se produce en un punto donde se llega al esfuerzo crítico. El esfuerzo máximo de los sólidos está regido por la presencia de "fallas internas" que pueden ser: burbujas, grietas, partículas externas al material o inhomogeneidad del material (Griffith 1921).

En fotografías de microscopio electrónico (Figuras 1 y 2), es muy fácil encontrar zonas en las que el adhesivo no haya cubierto, con el suficiente grosor, la totalidad de la dentina a la que se desea adherir.

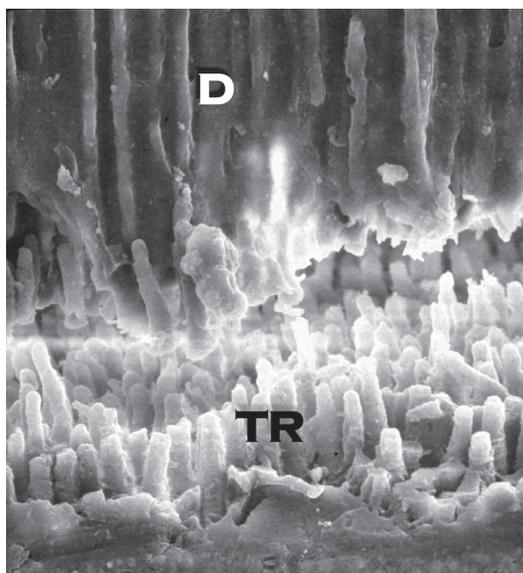
\* Catedrático. Facultad de Odontología, Universidad de Costa Rica

Estas zonas, en las que no se obtiene una capa homogénea, pueden actuar como puntos de inicio de las fallas en la adhesión, iniciadas probablemente, por un aumento en el esfuerzo producido por la contracción de polimerización, seguido por los esfuerzos de la masticación sobre la restauración; todo esto disminuye la fuerza de adhesión de la resina que se coloque sobre esta, ese punto se convierte en el eslabón más débil de toda la superficie de unión, y por ahí se inicia la falla prematura de la restauración.

El objetivo de este estudio es el evaluar si la aplicación de una capa adicional de adhesivo dental, sobre el adhesivo ya polimerizado (colocado según indicaciones del fabricante), produce algún efecto en la fuerza de adhesión a dentina al rellenar los espacios semivacíos que las primeras capas puedan dejar sobre la interfase.



**Figura 1.** Microfotografía de microscopio electrónico de barrido, de la interfase entre un adhesivo dental junto a su resina compuesta y dentina. Se observa como la resina compuesta (RC) tiene un tono ligeramente diferente al del adhesivo (Ad), este luego se desvanece en la capa híbrida (CH) y los tags de resina (TR) en los túbulos de la dentina (D).



**Figura 2.** Microfotografía de microscopio electrónico de barrido, en la que se observa como el adhesivo dental (Ad), en algunas partes de la interfase con la dentina (D) no provee una capa adecuada para la unión con la resina compuesta (RC). La presencia de los tags de resina (TR) en la zona que parece no estar cubierta con adhesivo, indica que todo el adhesivo que se colocó, fue absorbido por los túbulos y no quedó nada en la superficie.

## Metodos

30 piezas dentales, molares y premolares, recientemente extraídas, sin caries ni restauraciones, fueron recolectadas y almacenadas según indicaciones de la especificación ISO 11405-2003; luego fueron cortadas y embebidas en acrílico rápido, bajo agua, pulidas con lija de agua de grano 600 hasta exponer dentina media.

Posteriormente las muestras se separaron en tres grupos, uno para ser asignado a cada adhesivo dental; *Prime&Bond NT* (*Dentsply Caulk, California, USA*), *SingleBond 2* (*3M ESPE, Minnesota, USA*) y *Excite* (*Vivadent, Liechtenstein*). Los adhesivos fueron aplicados de la siguiente manera:

Cada diez muestras se separaron en dos grupos (n=5); en el primero, la dentina fue grabada con ácido fosfórico al 35% (*Scotchbond Etch, 3M ESPE*) por 15 segundos; luego se lavó profusamente por 20 segundos, el exceso de agua fue eliminado con un rodillo de algodón en una sola pasada sobre la dentina, para mantener una humedad similar en la superficie; se procedió a aplicar el adhesivo dental con un *microbrush*, primero una capa, frotando sobre la superficie de la dentina el adhesivo durante 10 segundos, inmediatamente después, se procedió a aplicar una nueva capa, de la misma forma que la anterior. El exceso de adhesivo fue eliminado con una leve corriente de aire, y luego fotocurado (*HiLUX Ledmax, Benlioglu Dental*) por 20 segundos a una intensidad de 1200 mW/cm<sup>2</sup>. Al segundo grupo (n=5) se le realizó el mismo tratamiento, pero después de completar el fotocurado se aplicó otra capa más de adhesivo dental, de la misma manera que se hizo antes. Se eliminó el exceso y se fotocuró por otros 20 segundos.

Las muestras fueron colocadas en un dispositivo para aplicar la resina (*Ultradent Bonding Jig, Ultradent Prods, Utah, USA*), y se procedió a la colocación de resina *Z-100* (*3M ESPE*) en dos incrementos, cada uno de ellos fotocurado por 20 segundos, para formar un cilindro de 4 mm de alto y 2 mm de diámetro.

Todas las muestras fueron almacenadas en agua a 37° C durante 7 días antes de ser falladas en cizalla, en una máquina de pruebas universal (*Tinius Olsen, H10K-S, Pennsylvania, USA*), a una velocidad de 0.1 cm/min hasta lograr su falla. Los resultados fueron almacenados y la fuerza de adhesión se calculó en megapascuales.

Se calcularon los promedios y se analizaron las diferencias con un análisis de varianza de dos vías, y los promedios comparados con el test de *Tukey-Kramer*. Ambos análisis se realizaron a un nivel de significancia de 0.05.

## Resultados

Los promedios de los resultados se pueden observar en la tabla 1. Es claro que todos los adhesivos dentinales evaluados, aumentaron su fuerza de adhesión cuando una tercera capa se colocó y fotocuró después de haber realizado la primera aplicación. PBNT aumentó su fuerza de adhesión de 19.3 MPa hasta 32.6 MPa; SB2 lo hizo de 32.1 hasta 38.2 MPa, y Excite aumento hasta 44.7 MPa, desde los 32.0 iniciales. El análisis de varianza de la tabla 2, muestra que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la adhesión que se logra con solo dos capas y la que se obtiene al

colocar y fotocurar una tercera capa. En cuanto a los adhesivos dentinales, PBNT obtuvo una fuerza de adhesión inferior no solo cuando se utilizó con dos capas, sino con la tercera también. Dos cavidades MOD preparadas para observarlas en el microscopio electrónico de barrido, muestran como el grosor de la capa de adhesivo no es uniforme, es poco visible y en algunas zonas de la cavidad, parece no haber cubierto la dentina (Figura 3), mientras que cuando se coloca una tercera capa de adhesivo, el grosor y la uniformidad es mucho mayor (Figura 4).

**Tabla 1.**

Promedio de la fuerza de adhesión en MPa, de los grupos estudiados. Desviación estándar en paréntesis.

	PBNT	SB2	EXC
2 capas	19.3 (3.0)	32.1 (7.9)	38.2 (13.2)
3 capas	32.6 (6.0)	38.2 (13.2)	44.7 (12.1)

**Tabla 2.**

Análisis de varianza de las variables adhesivo y número de capas, para la variable dependiente: Fuerza de adhesión, calculado a 0.05.

Fuente de variación	SS	d.f.	MS	F	p-level
Factor #1 (Adhesivo)	815.622	2	407.811	5.448	0.011
Factor #2 (Capas)	881.292	1	881.292	11.773	0.002
Factor #1 + #2 (Adhesivo x Capas)	66.066	2	33.033	0.441	0.648
Within Groups	1,796.532	24	74.856		
Total	3,559.512	29	122.742		

## Discusión

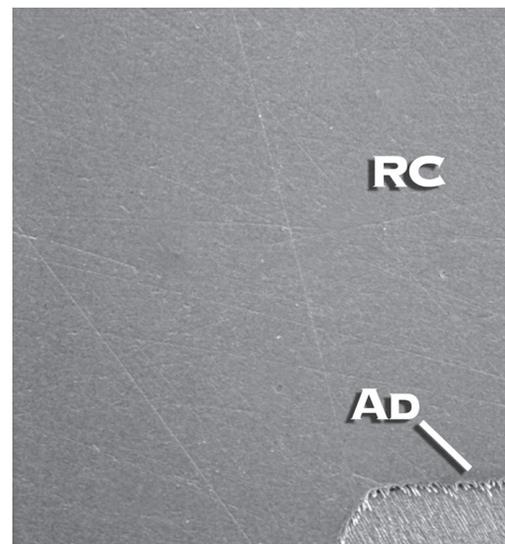
Como se pudo observar, la adhesión a la dentina aumenta, si se colocan a tres capas en vez de las dos recomendadas por el fabricante. Parte de los motivos por los que esto puede ocurrir, es porque se produce una capa más uniforme de adhesivo, y la resina compuesta que se coloca después, está sobre una capa sin burbujas o grietas que pudieron haber quedado desde la primera aplicación (Figuras 2 y 3).

Desde hace casi 100 años, Griffith (1921) estableció, aunque no hablaba de adhesivos dentinales, las bases de por qué pueden darse fallas a bajos esfuerzos en capas de adhesivos que unen dos materiales, y lo que sucede en esa interfase que se puede prevenir con la aplicación de múltiples capas (Pashley y otros 2002; Hashimoto y otros 2004). La fuerza de adhesión se mantiene similar cuando se comparan adhesiones entre una primera y una segunda capa de adhesivo (Yasuko y otros 2005; Nara y otros 2003).

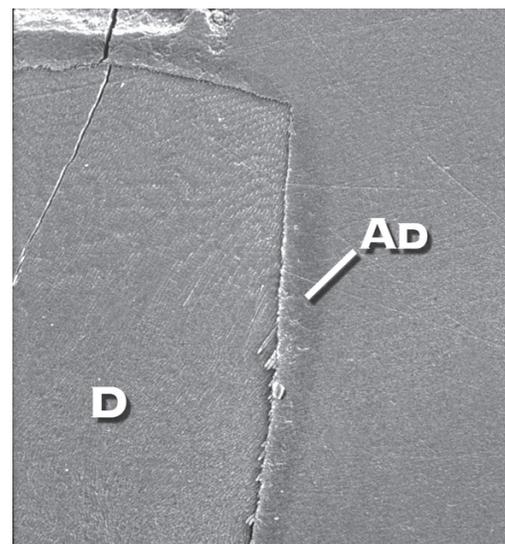
Con una aplicación extra de adhesivo dental, no solo se obtiene una capa más uniforme que evite la aparición de fallas que puedan iniciar las fracturas de la interfase, sino también que un mayor grosor de adhesivo dental ayuda a disminuir el esfuerzo creado en la interfase debido a la contracción por polimerización de la resina compuesta (Choi y otros, 2000). Al polimerizarse la resina compuesta sobre el adhesivo, puede contraerse y producir fallas prematuras en la interfase, las cuales tendrían posibilidad de propagarse muy fácilmente una vez que la pieza dental comience a recibir las fuerzas oclusales. Además, una capa

más uniforme puede servir de absorbente de las fuerzas oclusales debido a su módulo de elasticidad bajo, lo cual aumentaría la fuerza de adhesión y el éxito clínico (Kemp-Scholte y Davidson 1990; Van Meerbeek y otros 1993; Nunes y otros 2001). Por estos motivos, los fabricantes han agregado relleno a sus adhesivos en un intento por mejorar su fuerza de adhesión, pero esto no ocurre así (Saya y otros 2006).

En las fotografías de microscopio electrónico se observa como en la preparación que se obtuvo con dos capas de adhesivo dental, tal y como lo indica el fabricante, la capa de adhesivo pasa a ser muy delgada o casi irreconocible a esa magnificación (Figura 3), lo contrario ocurre en la fotografía de la cavidad obturada con 3 capas de adhesivo (Figura 4), lo cual indica la correlación entre el grosor de esta y la fuerza de adhesión.



**Figura 3.** Microfotografía de microscopio electrónico de barrido, de una cavidad clase II obturada con solo dos capas de adhesivo dental (Ad) *SingleBond 2*. Se observa como en algunas secciones la capa de adhesivo sobre la dentina (D) es muy delgada y casi no se puede distinguir. En estas zonas la resina compuesta (RC) iniciaría la falla de la interfase cuando sea sometida a esfuerzos.



**Figura 4.** Microfotografía de microscopio electrónico de barrido, de una cavidad clase II obturada con tres capas de adhesivo dental (Ad) *SingleBond 2*. En esta se puede claramente observar una capa de adhesivo de un grosor más uniforme a lo largo de toda la interfase entre la dentina (D) y la resina compuesta (RC).

## Conclusiones

El uso de una tercera capa adicional de adhesivo dentinal fotocurada aparte de las dos primeras capas, aumenta la adhesión a dentina.

## Bibliografía

Cardoso PE., Braga RR., Carrilho MP. Evaluation of microtensile shear and tensile test determining the bond strength of three adhesive systems *Dental Materiales* 1998; 14(6): 394-398.

Choi K., Condon JR., Ferracane JL. The Effects of Adhesive Thickness on Polymerization Contraction Stress of Composite *J Dent Res* 2000; 79: 812.

DeHoff PH., Anusavice KJ., Wang Z. Three-dimensional finite element analysis of the shear bond test. *Dent Mater*, 1995; 11:126-131.

Ferrari M., Goracci G., Garcia-Godoy F. Bonding mechanism of three one-bottle adhesives to conditioned and unconditioned enamel and dentin *Am J Dent* 1997; 10:224-30.

Frankenberger R., Kramer N., Petschelt A. A technique sensitivity of dentin bonding: effects of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent* 2000; 25:324-30.

Ferrari M., Vichi A., Gradini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal Walls: an SEM observation *Dental Mater* 2001; 17: 422-429

Griffith AA. The phenomena of rupture and flow in solids. *Phil Trans R Soc London Ser. A*, 1921; 221:168-198.

Hashimoto M., Sano H., Yoshida E., Hori M., Kaga M., Oguchi H., et al. Effects of multiple adhesive coatings on dentin bonding. *Operative Dentistry* 2004; 29:416-23.

Kanca J III. Effect of primer dwell time on dentin bond strength *Gen Dent* 1998; 46(6): 607-612.

Kemp-Scholte CM., Davidson CL. Complete marginal seal of Class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J Dent Res* 1990; 69:1240-3.

Lafuente, JD. Efecto de la aplicación del adhesivo dentinal en la fuerza de adhesión. *Ventana Odontológica*. 2004; 1: 29-34

Miyazaki M., Platt J., Onose H., Moore BK. Influence of dentin primer application methods on dentin bond strength. *Oper Dent* 1996; 21: 1967-72

Nara Y., Nagakura Y., Ito Y., Suzuki T., Kizuki I., Kimishima T. Tensile bond strength of all-in-one self-etch adhesive system to cervical abrasion lesion dentin. *Journal of Dental Research* 2003; 81:B-55 [Abstract].

Nunes MF., Swift Jr EJ., Perdigao J. Effects of adhesive

composition on microtensile bond strength to human dentin. *Am J Dent* 2001; 14:340-3.

Pashley EL., Agee KA., Pashley DH., Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *Journal of Dentistry* 2002; 30:83-90.

Phrukkanon S., Burrow MF., Tyas MJ.. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater*, 1998, 14:212-221.

Reis A., Cardoso PC., Vieira LCC., Baratieri LN., Grande RHM., Loguercio AD. Effect of prolonged application times on the durability of resin-dentin bonds *Dental Mater* 2008; 24: 339-644

Saya EC., Nakajima M., Senawongsec P., Soymana M., Özzerd F., Ogatab M., Tagamib E. Microtensile bond strength of a filled vs unfilled adhesive to dentin using self-etch and total-etch technique. *J Dent* 2006; 34:283-291

Spencer P., Swafford JR. Unprotected protein at the dentin-adhesive interface. *Quintessence Int* 1999; 30:501-7

Van Meerbeek B., Inokoshi S., Braem M., Lambrechts P., Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesives systems. *J Dent Res* 1992; 71:1530-40

Van Meerbeek B., Willems G., Celis JP., Roos JR., Braem M., Lambrechts P, et al. Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res* 1993; 72:1434-42.

Van Meerbeek B., Perdigão J., Lambrechts P., Vanherle G. The clinical performance of adhesives *J Dent Res* 1998; 26(1): 1-20

Van Noort R., Noroozi S., Howard IC., Cardew G. A critique of bond strength measurements. *J Dent*, 1989; 17:61-67.

Wang Y, Spencer P. Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding. *J Dent Res* 2003; 82:141-5.

Yasuko N., Wataru S., Seiko H., Futami N., Takatsumi I., Toru T., Satoshi I., Shigeru U., Hidehiko S., Sharanbir KS. Effect of double-application of all-in-one adhesives on dentin bonding. *J Dentistry* 2005; 33: 765-772.