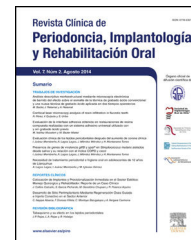


Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral

www.elsevier.es/piro



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo



Marcelo Bader Mattar^{a,*} y Mario Ibáñez Musalem^b

^a Profesor Asociado, Área de Biomateriales Dentales, Facultad Odontología, Universidad de Chile, Santiago, Chile

^b Docente Meritante, Área de Biomateriales Dentales, Facultad de Odontología, Universidad de Chile, Santiago, Chile

Recibido el 5 de marzo de 2013; aceptado el 11 de agosto de 2013

Disponible en Internet el 13 de noviembre de 2014

PALABRAS CLAVE

Adhesivo universal;
Single Bond
Universal®;
Interfase adhesiva

Resumen

Objetivo: El propósito de esta investigación fue realizar un estudio observacional in vitro, al microscopio electrónico de barrido, de la interfase adhesiva diente-restauración lograda al utilizar un sistema adhesivo universal (Single Bond Universal®, 3M/ESPE, Alemania), con grabado ácido previo y con la técnica de autograbado.

Material y método: En las piezas dentarias se realizaron cavidades clase V en las caras vestibular y palatina/lingual. En la cavidad vestibular se realizó la técnica de grabado ácido con H₃PO₄ al 37% en gel, mientras que en la cavidad palatina o lingual no se realizó grabado ácido. Las piezas restauradas fueron mantenidas en una estufa a 37 °C con 100% de humedad relativa durante 48 h, simulando el medio bucal. Las muestras obtenidas fueron cortadas a través de la restauración y acondicionadas para poder ser observadas al microscopio electrónico de barrido, para evaluar la interfase adhesiva en relación con la presencia de brechas y la formación de *tags* de resina.

Resultados: Las imágenes fueron observadas con un aumento progresivo hasta los 2.000×, viéndose diferencias microestructurales en la penetración del adhesivo, aunque sin formación de brechas en la interfase adhesiva.

Conclusiones: Se observó que, al utilizar ambas técnicas de aplicación se obtiene una interfase sin presencia de brechas. En esmalte, se generó una menor penetración del adhesivo en la estructura cristalina con la técnica de autograbado, mientras que en dentina, con la misma técnica, se genera una capa híbrida de menor espesor y *tags* de resina de menor longitud.

© 2013 Sociedad de Periodoncia de Chile, Sociedad de Implantología Oral de Chile y Sociedad de Prótesis y Rehabilitación Oral de Chile. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: marcelo.bader@gmail.com (M. Bader Mattar).

KEYWORDS

Universal adhesive;
Single Bond
Universal®;
Adhesive interface

Evaluation of the adhesive interface obtained in composite restorations performed with a universal adhesive system used with and without acid etching

Abstract

Objective: The purpose of this research was to study the tooth-restoration adhesive interface, using a universal adhesive system (Single Bond Universal, 3M/ESPE, Germany), with the techniques of etching and self-etching using scanning electron microscopy.

Material and methods: Class V cavities were prepared in buccal and palatine/lingual surface, in human teeth. Etching with 37% H_3PO_4 was performed in the buccal cavity, with no etching being performed in the palatine or lingual cavity. The samples were placed in an oven at 37°C and 100% humidity for 48 hours, simulating the oral environment. The samples were cut perpendicularly through the restoration and prepared to be observed by scanning electron microscopy, in order to evaluate the adhesive interface in relation to the presence of breaches and the formation of resin tags.

Results: Images were observed with a gradual increase to 2000 $\times$. Microstructural differences were observed in the penetration of the adhesive but with no formation of breaches in the adhesive interface.

Conclusions: An unbreached interface is obtained when using both techniques. In enamel, less penetration was present in the crystal structure of the adhesive with the self-etching technique. While in dentin, with the same technique, a less thick hybrid layer and shorter resin tags were observed.

© 2013 Sociedad de Periodoncia de Chile, Sociedad de Implantología Oral de Chile y Sociedad de Prótesis y Rehabilitación Oral de Chile. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

En la actualidad, el desarrollo y el continuo perfeccionamiento de las resinas compuestas ha generado importantes beneficios para la odontología restauradora, como la posibilidad de realizar cavidades de diseños más conservadores¹ y restauraciones altamente estéticas. Sin embargo, las resinas compuestas presentan algunas desventajas, como:

1. La carencia de adhesión por sí mismas a los tejidos dentarios, por lo cual requieren de la acción de un agente de unión o sistema adhesivo.
2. La contracción de polimerización, que se debe fundamentalmente a la reducción de la distancia intermolecular de los monómeros al polimerizar².
3. La diferencia del coeficiente de variación dimensional térmica entre la resina compuesta y las estructuras dentarias.

La contracción de polimerización es considerada uno de los problemas más importantes de las restauraciones de resina compuesta y uno de los principales contribuyentes del fracaso prematuro de ellas, siendo capaz de deformar las estructuras del diente causando *microcracks* y/o fallas en la adhesión³. Esta contracción de polimerización resulta en la generación de tensiones internas en el material y en la interface diente-restauración. Si estas tensiones en la interface superan las fuerzas adhesivas de la restauración con la estructura dental, se pueden generar daños en su integridad marginal, lo que se traduce en filtración que puede hacer fracasar la restauración⁴.

Para contrarrestar los fenómenos antes mencionados y así lograr mantener la unión funcional de la restauración con la estructura dental, es fundamental generar una buena

adhesión entre ambos. Es decir, que las fuerzas adhesivas generadas entre la restauración y las paredes cavitarias sean capaces de anular las tensiones producidas por el material al contraerse durante su fase de endurecimiento, evitando que ellas puedan romper la unión generada, manteniendo así la integridad marginal de la restauración.

Este proceso de adhesión en el esmalte está relacionado con el grabado ácido de su superficie, procedimiento que remueve la contaminación y aumenta la porosidad de la superficie del esmalte, lo que permite una alta expresión de la energía superficial propia del esmalte⁵. Es así como una resina fluida o monómero de baja viscosidad presente en el sistema adhesivo puede humedecer esta superficie de alta energía, ingresando en las microporosidades previamente creadas. Posteriormente, este monómero del adhesivo polimerizará en el interior de estas microporosidades, ingresará dentro de los túbulos dentinarios, creando los denominados *tags* de resina y generando así adhesión micromecánica por efectos geométricos y reológicos⁶.

En dentina, cuando la estructura dentinaria es cortada con una fresa u otro instrumento, los componentes residuales forman una capa de pocos micrones de grosor, adosada íntimamente a la superficie, llamada barro dentinario. Este constituye una barrera física, la cual debe ser disuelta o volverse permeable para que los monómeros del adhesivo tomen contacto directamente con la superficie dentinaria subyacente⁷. En virtud de lo anterior, las estrategias actuales de adhesión dependen de si los adhesivos dentales requieren un agente acondicionador que elimine previamente el barro dentinario, o si interactúan con el barro dentinario integrándolo en la articulación adhesiva.

La primera estrategia corresponde a la técnica de hibridación por grabado de la dentina, en la cual la dentina es grabada con ácido, generalmente ortofosfórico, el cual

disuelve y remueve el barro dentinario, además de abrir los túbulos y desmineralizar la mayor parte de la hidroxiapatita de la dentina subyacente. Posterior al grabado ácido, se debe evitar desecar la dentina, ya que la matriz colágena queda sin soporte y puede colapsar si pierde la humedad⁸. Después se procede a aplicar un agente imprimante que contiene monómeros hidrofílicos que impregnan la dentina interdigitándose con la malla de colágeno y permitiendo la trabazón micromecánica. Finalmente se aplica la resina de enlace, que corresponde a un monómero hidrofóbico que copolimeriza con el agente imprimante formando la capa híbrida (capa entremezclada de colágeno y resina).

La necesidad de compatibilizar todos los procedimientos clínicos realizados durante el proceso restaurador con los requerimientos mínimos necesarios para el proceso de adhesión microestructural hacen de esta estrategia adhesiva una técnica altamente sensible, donde el número de pasos y las condiciones necesarias elevan la probabilidad de cometer errores que pueden provocar fallas en la interfase adhesiva.

La segunda estrategia corresponde a la técnica de reacción-integración. Esta técnica no requiere pasos separados para acondicionar y grabar el sustrato dentario, ya que utiliza sistemas autoacondicionantes, que poseen monómeros ácidos funcionales que son capaces de acondicionar y grabar simultáneamente la dentina. Este proceso se produce mediante la infiltración y disolución parcial del barro dentinario y de la hidroxiapatita subyacente. Lo anterior permite conseguir una capa híbrida que incorpora adhesivo, minerales, barro dentinario residual y matriz dentinaria desmineralizada^{7,9}. La incorporación del barro dentinario como sustrato adhesivo mantiene la oclusión parcial o total de los túbulos dentinarios, reduciendo la permeabilidad transdental del fluido dentinario, y en consecuencia previniendo una posible sensibilidad postoperatoria¹⁰.

Sin embargo, los sistemas adhesivos autograbantes han documentado bajos valores de adhesión en comparación con los sistemas que utilizan la técnica de hibridación, encontrando los menores valores de adhesión en los sistemas autograbantes de un solo paso¹⁰.

En la actualidad, la gran mayoría de las casas comerciales distribuyen ambos tipos de adhesivos: los que requieren grabado ácido total y los de autograbado. Sin embargo, la constante necesidad de perfeccionamiento en busca de sistemas que disminuyan la sensibilidad de la técnica adhesiva, y a su vez ofrezcan óptimos resultados de fuerza adhesiva y sellado marginal con cualquiera de los procedimientos adhesivos antes explicados, ha llevado al desarrollo de una nueva generación de sistemas adhesivos que se han denominado universales.

Dentro de estos nuevos adhesivos universales podemos encontrar el sistema Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania), el cual dice tener una serie de ventajas, como por ejemplo:

- Técnica de aplicación sencilla en un solo paso.
- Adhesión a superficies de esmalte, dentina y diversos tipos de materiales restauradores.
- Posibilidad de utilizarlo con la técnica de grabado ácido total, grabado ácido selectivo y como autograbante, con buenos valores de adhesión y sellado marginal.
- Reducción marcada de la sensibilidad postoperatoria.

Este nuevo adhesivo universal nace de la integración y el perfeccionamiento de versiones comerciales anteriores, y la diferencia fundamental, según el fabricante, es la incorporación del monómero MDP y de silano¹¹. Se señala que el monómero MDP optimiza la capacidad autograbante del adhesivo, además de proporcionar unión química con el óxido de circonio, alúmina y otros metales, sin la necesidad de un agente imprimante adicional. Este monómero con actividad acondicionante actúa por disociación del grupo fosfato dihidrogenado, el que se puede disociar en agua para formar 2 protones libres, y además el largo de su cadena carbonilo hace a este monómero hidrofóbico¹². Por su parte, la incorporación de silano permite establecer una unión entre el adhesivo y la superficie cristalina de cerámicas, sin necesidad de usar un primer cerámico adicional¹¹.

En virtud de que este material dice tener el mismo grado de eficiencia en cuanto al grado de sellado de la restauración, con cualquiera de sus formas de aplicación, y considerando que por su reciente aparición no tiene evidencia científica que avale resultados clínicos, el presente estudio buscó realizar un análisis descriptivo al microscopio electrónico de barrido de la interfase diente-restauración obtenido en restauraciones de resina compuesta realizadas con Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania) aplicado con y sin grabado ácido previo.

Material y método

Este estudio fue realizado en el Laboratorio de Biomateriales Dentales del Departamento de Odontología Restauradora de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile y en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido del Centro de Equipamiento y Servicios de Apoyo Tecnológico, del Instituto de Ciencias Biomédicas, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Se seleccionaron 5 terceros molares erupcionados, sin caries y con indicación de extracción, los cuales se almacenaron en recipientes cerrados con suero fisiológico y formalina al 2%¹³. Previo a su utilización, se realizó legrado de sus superficies radiculares para eliminar restos del ligamento periodontal, para ser limpiados posteriormente con una suspensión de piedra pómez fina y agua con escobilla de copa blanda.

En cada uno de estos molares se realizaron preparaciones cavitarias clase V, una por vestibular y la otra por lingual o palatino. Estas preparaciones fueron estandarizadas de 4 mm de ancho mesio-distal, 3 mm de altura ocluso-gingival y 3 mm de profundidad, quedando el borde cavo superficial totalmente en esmalte y la pared axial en dentina.

En la preparación vestibular se realizó la técnica de grabado ácido total con H₃PO₄ al 37% en gel, para lo cual primero se aplicó solo en esmalte en los márgenes cavo-superficiales durante 15 s para enseguida lavar durante 30 s y secar con aire. Posteriormente se aplicó en la totalidad de la preparación durante 10 s, y se lavó durante 20 s, para luego secar la dentina con un papel absorbente y el esmalte con aire, evitando así la desecación dentinaria⁵. Lo anterior permitió obtener un tiempo de grabado diferencial para esmalte de 25 s, y para dentina de 10 s. Luego, utilizando un *microbrush*, se frotó por 20 s el adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania) en la totalidad de la

preparación, para luego aplicar aire suavemente durante 5 s. La fotoactivación se realizó durante 20 s con una lámpara halógena (Elipar™ 2500, 3M/ESPE®), calibrada en 650 mW/cm².

En la preparación lingual o palatina, con un *microbrush*, se frotó durante 20 s el adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania) en la totalidad de la preparación, para luego aplicar aire suavemente por 5 s. La fotoactivación se realizó durante 20 s con una lámpara halógena (Elipar™ 2500, 3M/ESPE®).

Posteriormente se realizaron las restauraciones con resina compuesta Filtek™ Z350 XT (3M/ESPE®, EE. UU.), utilizando una técnica incremental en 3 pasos. El primer incremento fue aplicado en forma diagonal desde la pared axial hacia el borde cavo superficial cervical, siendo condensado y adaptado. Se realizó la fotoactivación con una lámpara halógena durante 10 s, incidiendo en 45 grados a través de la pared cervical por transiluminación, luego se fotopolimerizó por 30 s en forma perpendicular al material. El segundo incremento fue aplicado en forma diagonal desde la pared axial hacia el borde cavo superficial oclusal, utilizando el mismo procedimiento de aplicación y de fotopolimerización. El tercer incremento se aplicó hasta llenar completamente la preparación cavitaria, condensando y adaptando los contornos, siendo fotopolimerizado con una incidencia perpendicular al material durante 40 s.

Después de que fueron realizadas las restauraciones, estas fueron mantenidas en una estufa a 37 °C con 100% de humedad relativa durante 48 h, simulando el medio bucal.

Utilizando un disco diamantado de grano medio y refrigeración, se realizaron los siguientes cortes: primero de oclusal hacia apical tanto en mesial como en distal de las restauraciones, luego se realizó un corte del límite amelocementario hacia la pulpa, y finalmente se realizó un corte desde coronal hacia el centro de la restauración, desprendiéndose así un bloque que permitió observar la interfase diente-restauración. Las muestras obtenidas fueron acondicionadas para poder ser observadas en el microscopio electrónico de barrido.

La cara seleccionada de cada corte fue observada en el microscopio electrónico de barrido (marca Zeiss, modelo DMS 940 [1980]) utilizando aumentos de 100×, 500×, 1.000× y 2.000×, fijando la observación en el mismo punto al ir

aumentando la magnificación. Esta manipulación del microscopio electrónico de barrido fue realizada centrando el punto de observación y obteniendo las imágenes en cada una de las magnitudes especificadas.

Las imágenes obtenidas con el microscopio electrónico de barrido fueron observadas comparativamente entre sí, y así se realizó un análisis descriptivo de las características microestructurales, referentes a la formación de *tags* de resina y/o la presencia y magnitud de brechas en la interfase diente-restauración.

Resultados

A continuación se muestran los resultados de las observaciones realizadas con el microscopio electrónico de barrido, a aumentos de 500× y 2.000×. En cada grupo de restauraciones, realizadas con grabado ácido previo y sin grabado ácido previo, se muestra una imagen representativa del borde cavo superficial oclusal, la pared dentinaria cervical y el piso cavitario.

En primer lugar, en el borde cavo superficial oclusal se observan las restauraciones de resina compuesta, realizadas con el sistema adhesivo Single Bond Universal®, utilizando grabado ácido previo (a) y sin grabado ácido previo (b).

En las [figura 1a,b](#), a aumento de 500×, no se logra observar la presencia de brechas en la interfase diente-restauración, logrando un adecuado sellado marginal en ambos casos.

En las [figura 2a,b](#), a aumento de 2.000×, no se observa la presencia de brechas en la interfase diente-restauración, corroborando la buena adhesión de la restauración a la pared cavitaria en el borde cavo superficial oclusal.

En la [figura 2a](#) se observa un patrón de mayor penetración del adhesivo en los espacios interprismáticos, en relación con la penetración en los prismas, reproduciendo en la superficie adhesiva la microestructura cristalina del esmalte.

En la [figura 2b](#) se observa una penetración menor del adhesivo en la estructura cristalina del esmalte (flecha), en comparación con la [figura 2a](#).

En ambas técnicas se genera una íntima adhesión, y por lo mismo un buen sellado marginal.

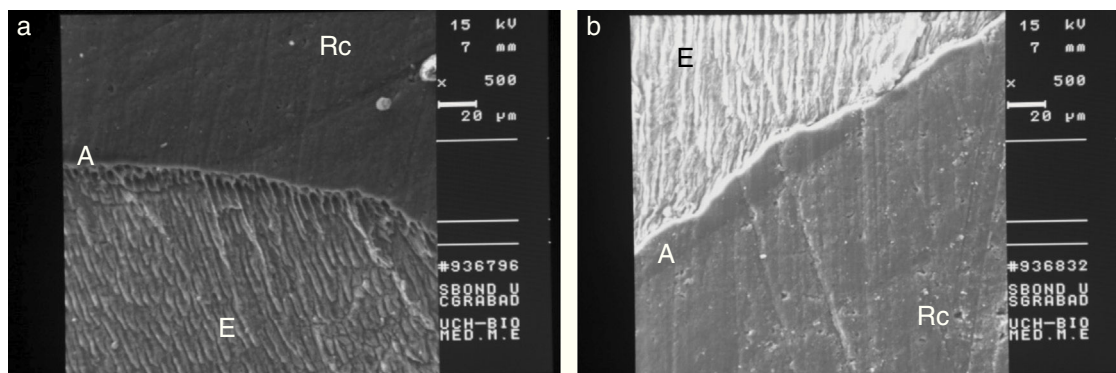


Figura 1 a) Micrografía a 500× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® con grabado ácido previo, a nivel del borde cavo superficial oclusal. b) Micrografía a 500× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® sin grabado ácido previo, a nivel del borde cavo superficial oclusal. A: adhesivo; E: esmalte; Rc: resina compuesta.

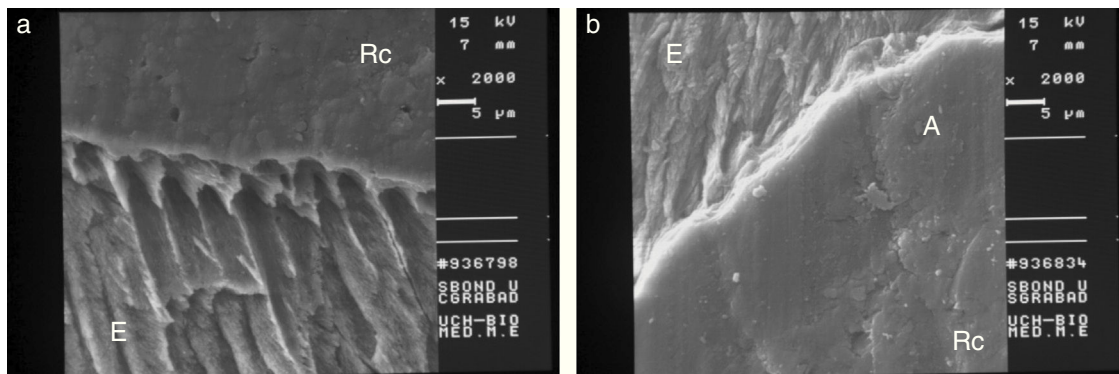


Figura 2 a) Micrografía a 2.000× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® con grabado ácido previo, a nivel del borde cavo superficial oclusal. b) Micrografía a 2.000× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® sin grabado ácido previo, a nivel del borde cavo superficial oclusal. A: adhesivo; E: esmalte; Rc: resina compuesta.

A continuación, en el ámbito de la pared dentinaria cervical se observan las restauraciones de resina compuesta, realizadas con el sistema adhesivo Single Bond Universal®, utilizando grabado ácido previo (a) y sin grabado ácido previo (b).

En las figura 3a,b, con aumento de 500×, no se logra observar la presencia de brechas en la interfase adhesiva diente-restauración.

En la figura 3a es posible observar la numerosa formación de tags de resina (T) a lo largo de la pared dentinaria.

A aumentos de 2.000×, en la figura 4a,b no se observan brechas en la interfase adhesiva diente-restauración, corroborando la buena adhesión en el micrométrico obtenida con ambos procedimientos.

En la figura 4a se aprecia la penetración de los tags de resina dentro de los túbulos dentinarios, encontrando tags en continuidad directa con la pared interna del túbulo dentinario (flecha). Estos tags de resina presentan longitudes variables, llegando a rangos cercanos a los 20 µm. La capa híbrida (H) está en el rango cercano a los 5 µm.

En la figura 4b se observa penetración del adhesivo en los túbulos dentinarios, apreciándose tags de resina de morfología variable, y en menor número respecto a la figura 4a y de longitudes próximas los 10 µm. La capa híbrida (H) se proyecta próxima a los 2 µm.

A continuación, en el ámbito del piso cavitario se observan las restauraciones de resina compuesta, realizadas con el sistema adhesivo Single Bond Universal®, utilizando grabado ácido previo (a) y sin grabado ácido previo (b).

Tanto en la figura 5a como en la figura 5b tampoco se logra observar la presencia de brechas en la interfase diente-restauración.

En ambas figuras se observa la formación de tags de resina (T) a lo largo del piso cavitario, siguiendo la orientación oblicua de los túbulos dentinarios, apreciando una mayor cantidad de tags de resina en la figura 5a respecto a la figura 5b.

En la figura 6a,b no es posible observar la presencia de brechas en la interfase diente-restauración, confirmando la buena adhesión de la restauración con el piso cavitario en ambas técnicas.

En la figura 6a se aprecia la gran penetración de los tags de resina (T) dentro de los túbulos dentinarios, desarrollando gran extensión hacia el interior de los túbulos. Se observa la formación de una capa híbrida (H) de espesor próximo a los 5 µm.

En la figura 6b se aprecia una amplia formación de tags de resina, pero con menor longitud de penetración en los túbulos dentinarios, en comparación con la figura 6a. Se observa la formación de una capa híbrida de espesor próximo a los 2 µm.

Discusión

En este estudio descriptivo se analizó, con microscopia electrónica de barrido, la interfase adhesiva diente-restauración obtenida con el sistema adhesivo universal Single Bond Universal®, utilizando la técnica de hibridación con grabado ácido total y la técnica de integración autograbante. Se establecieron como parámetros que se debían evaluar la presencia y la magnitud de brechas en la interfase adhesiva, y la formación de tags de resina. Se destaca que la preparación de las muestras en el presente estudio consistió en la preparación de cavidades clase V, ya que este tipo nos permite obtener cortes que incluyen presencia de esmalte y dentina; además, las cavidades clase V simulan situaciones clínicas de mayor estrés de contracción, al poseer un mayor factor C¹⁴.

Al realizar la observación en el ámbito del borde cavo superficial, utilizando una secuencia de aumentos hasta los 2.000×, no fue posible observar la presencia de brechas en la interfase adhesiva diente-restauración, confirmando así la buena adhesión que se obtiene con este adhesivo universal al utilizarlo con ambos procedimientos adhesivos, en cuanto a la estructura cristalina del esmalte. Lo anterior es fundamental, ya que la buena adhesión lograda en los márgenes de esmalte se asocia a un buen sellado marginal contra el ingreso de fluidos orales y bacterias, protegiendo la interfase lograda en cuanto a la dentina¹⁵.

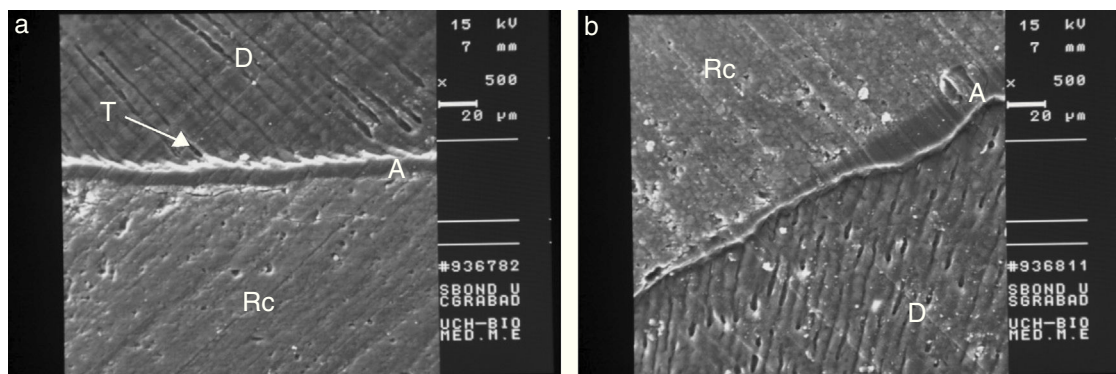


Figura 3 a) Micrografía a 500× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® con grabado ácido previo, a nivel de la pared dentinaria cervical. b) Micrografía a 500× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® sin grabado ácido previo, a nivel de la pared dentinaria cervical. A: adhesivo; D: dentina; Rc: resina compuesta; T: tags de resina.

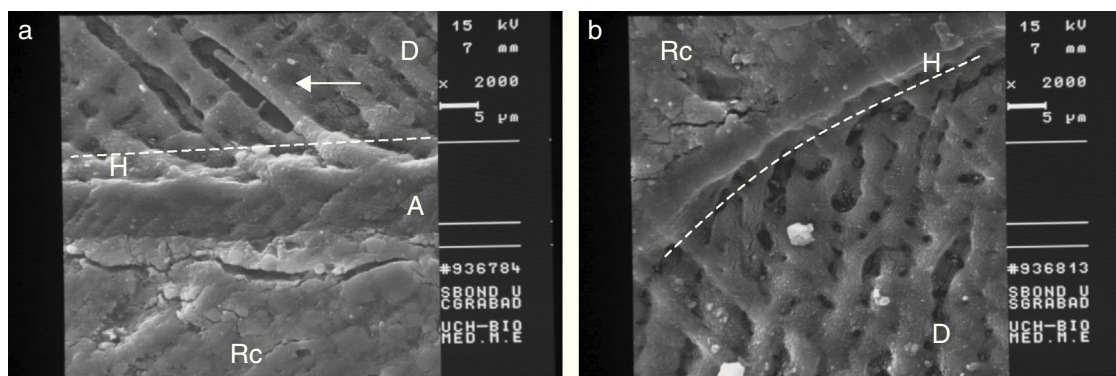


Figura 4 a) Micrografía a 2.000× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® con grabado ácido previo, a nivel de la pared dentinaria cervical. b) Micrografía a 2.000× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® sin grabado ácido previo, a nivel de la pared dentinaria cervical. A: adhesivo; D: dentina; H: capa híbrida; Rc: resina compuesta.

En relación con los patrones de grabado obtenidos, y la penetración del adhesivo en la microestructura cristalina del esmalte, se evidencian diferencias notorias en los resultados al utilizar Single Bond Universal® con la técnica de grabado ácido total, en comparación con la técnica

autograbante. Al utilizar el procedimiento de grabado ácido y lavado se genera una mayor penetración del adhesivo; esta profundidad de penetración es marcada en los espacios interprismáticos. En contraste, al utilizar el procedimiento de autograbado se evidencia una menor penetración del

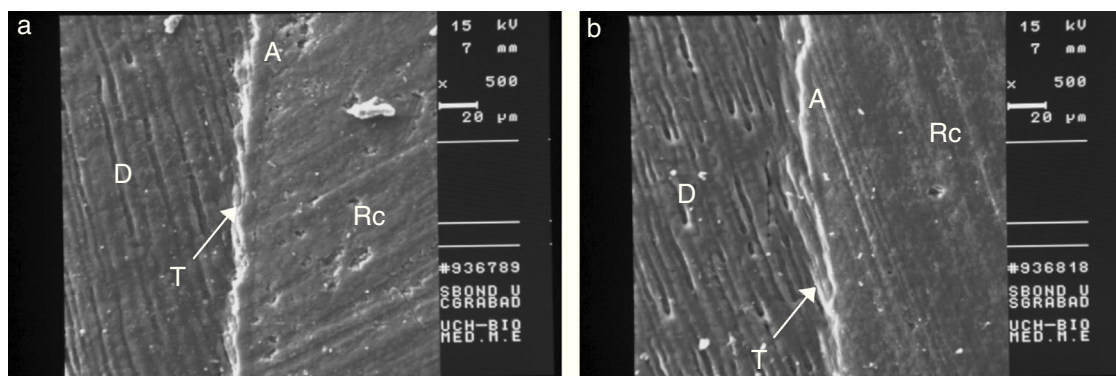


Figura 5 a) Micrografía a 500× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® con grabado ácido previo, a nivel del piso cavitario. b) Micrografía a 500× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® sin grabado ácido previo, a nivel del piso cavitario. A: adhesivo; D: dentina; Rc: resina compuesta; T: tags de resina.

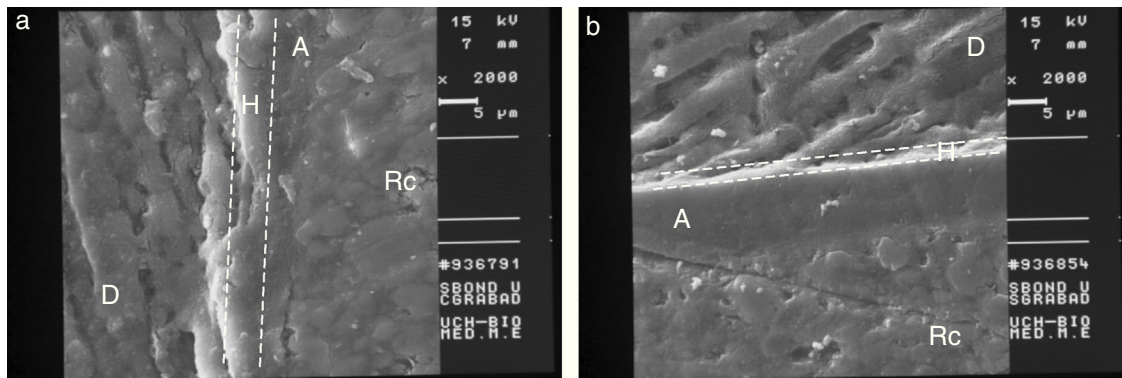


Figura 6 a) Micrografía a 2.000× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® con grabado ácido previo, a nivel del piso cavitario. b) Micrografía a 2.000× de la restauración de resina compuesta, utilizando el adhesivo Single Bond Universal® sin grabado ácido previo, a nivel del piso cavitario. A: adhesivo; D: dentina; Rc: resina compuesta.

adhesivo tanto en cuanto a la estructura prismática como a los espacios interprismáticos.

Estas diferencias observadas son concordantes con los resultados obtenidos por Erickson et al., donde se evidencia la formación de un patrón de infiltración de la resina en la estructura intercrystalina, penetrando con mayor profundidad en los espacios interprismáticos que dentro de los prismas, siendo esta morfología de penetración la que aparentemente obtiene los mayores valores de fuerza adhesiva¹⁶.

Estudios previos al microscopio electrónico de barrido indican que un patrón de grabado del esmalte generado por adhesivos autograbantes no es tan profundo y parece ser menos retentivo, comparado con un patrón de grabado de esmalte generado al utilizar ácido fosfórico, señalando que el patrón de grabado del esmalte depende del pH del adhesivo de autograbado¹⁷. Es así como esta diferencia en la profundidad de desmineralización depende del pH del agente acondicionador, obteniendo una mayor profundidad de grabado con agentes de pH menor¹⁸.

Al realizar la observación de la interfase diente-restauración lograda a nivel de dentina, realizando un aumento secuencial hasta los 2.000×, no es posible observar la presencia de brechas en la interfase adhesiva, confirmando la buena adhesión de la restauración a la pared cavitaria, que se logra indistintamente al utilizar Single Bond Universal® con o sin grabado ácido previo, corroborando así la integración del adhesivo en la microestructura dentinaria.

Referente a la observación del espesor de la capa híbrida y la longitud de los *tags* de resina formados, se observan diferencias notorias al comparar los procedimientos de grabado ácido y de autograbado, resultados esperados según la evidencia existente¹⁴. La técnica de hibridación, con el procedimiento de grabado ácido y lavado, permite la eliminación de la capa de barro dentinario y la penetración de monómeros que posteriormente polimerizan. El mecanismo de unión primario está dado por el proceso de imprimación, que lleva a la formación de una capa híbrida, la cual corresponde a la zona de interdifusión entre resina y dentina^{14,19}.

Por otro lado, al utilizar Single Bond Universal® con el procedimiento de integración del barro dentinario se

observa una capa híbrida de espesor inferior a la mitad del espesor observado al utilizar Single Bond Universal® con la técnica de hibridación. Los resultados anteriores son homologables a los estudios realizados por Hegde et al., que al microscopio electrónico de barrido determinaron la formación de una capa híbrida en el rango de los 3-6 µm al utilizar Adper™ Single Bond2, y en el rango de los 0,8-1,4 µm al utilizar Adper™ EasyOne¹⁴, adhesivo de 5.ª generación y adhesivo autograbante, respectivamente, ambos de la firma comercial 3M/ESPE®, y predecesores en formulación al adhesivo Single Bond Universal®.

En relación con la formación de *tags* de resina, al utilizar aumentos de 1.000× y 2.000× se observan notorias diferencias en el número y en la longitud de los *tags* de resina formados utilizando la técnica de grabado ácido total, en comparación con la técnica autograbante. Estos resultados son concordantes con la literatura, ya que la técnica de grabado ácido y lavado permite la remoción del barro dentinario y de los *smearplugs*, favoreciendo el desarrollo de la capa híbrida, incrementando la permeabilidad dentinaria, lo que permite una infiltración más profunda de la resina en los túbulos dentinarios²⁰. Por otro lado, a pesar de la presencia de *tags* de resina cortos, se logra un buen sellado dejando los *smearplugs* intactos²¹.

Numerosas investigaciones morfológicas y estudios de fuerza adhesiva aceptan generalmente como factores principales en la determinación de una adecuada adhesión entre adhesivo y dentina a la humectación de la dentina por componentes del sistema adhesivo, y a la trabazón micro-mecánica mediada por la penetración y el entrecruzamiento del adhesivo entre las fibrillas de colágeno expuestas en la dentina desmineralizada²². Es así que obtener una capa híbrida adecuada ha demostrado ser una buena vía para sellar la interfase y eliminar la microfiliación¹⁹. En concordancia con esto, Langer e Ilie establecen que el adhesivo con una penetración de resina ideal se considera como un adhesivo que alcanza altos valores en los parámetros cuantitativos referentes al radio de infiltración y la longitud de los *tags*²⁰.

Con base en los parámetros evaluados en el ámbito de la interfase adhesiva diente-restauración, el sistema

adhesivo Single Bond Universal® parece ofrecer promisorios resultados al lograr una íntima adhesión tanto en esmalte como en dentina, sin lograr observar la presencia de brechas en la interfase, incluso al utilizar aumentos de hasta 10.000×. Estos resultados, correlacionados directamente con la capacidad de sellado marginal, son evidenciables al utilizar tanto la técnica de grabado ácido y lavado como la técnica autograbante, ambas compatibles con este nuevo adhesivo universal según las indicaciones del fabricante. En contraste, ambos procedimientos adhesivos generan diferencias en relación con la capacidad de infiltración del adhesivo, apreciándose una menor penetración del adhesivo a nivel de la estructura cristalina en esmalte, y diferencias en las magnitudes de la capa híbrida y de los *tags* de resina a nivel de dentina. Estas disimilitudes están en relación directa con la acción del agente acondicionador, contrastando el uso del ácido ortofosfórico en el caso de la técnica de hibridación, contra la acción del monómero autograbante MDP por sí solo en la técnica de integración.

En relación con las diferencias microestructurales observadas a nivel de interfase, los parámetros obtenidos al realizar la técnica grabado ácido y lavado son asociados en diversos estudios a una adecuada adhesión y una mayor fuerza adhesiva²². Sin embargo, en contraste con su comportamiento *in vitro*, se ha demostrado que los adhesivos de autograbado pueden presentar un buen comportamiento clínico en relación con los adhesivos de grabado ácido y lavado. Un ejemplo de esto es el adhesivo de autograbado en 2 pasos Clearfil SE Bond, que con su monómero 10-MDP que interactúa químicamente con la hidroxiapatita ha demostrado buen desempeño clínico en períodos evaluados de hasta 8 años²⁰. Además, clínicamente la técnica de autograbado simplifica el proceso de adhesión eliminando pasos, y por ende disminuye la sensibilidad de la técnica en relación con los adhesivos de grabado ácido y lavado¹⁷.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, y bajo las condiciones en que fue realizado, es posible concluir que:

1. Al utilizar el adhesivo Single Bond Universal® tanto con la técnica de grabado ácido total como con la técnica de autograbado se obtiene una buena adhesión a esmalte y dentina, sin presencia de brechas en la interfase diente-restauración.
2. En cuanto al esmalte, al utilizar Single Bond Universal® con la técnica de autograbado se genera una menor penetración del adhesivo en la estructura cristalina, en comparación con la técnica de grabado ácido y lavado.
3. En cuanto a la dentina, al utilizar Single Bond Universal® con la técnica de autograbado se genera una capa híbrida de menor espesor y *tags* de resina de menor longitud, en comparación con la técnica de grabado ácido y lavado.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Dennison JB, Sarrett DC. Prediction and diagnosis of clinical outcomes affecting restoration margins. *J Oral Rehabil.* 2012;39:301-18.
2. Toledo M, Osorio R, Sánchez F, Osorio E. *Arte y Ciencia de los Materiales Odontológicos*. Madrid: Avances; 2003, capítulo 4.
3. Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *J Dent Res.* 2011;90:402-16.
4. Ferracane JL. Buonocore lecture. Placing dental composites. A stressful experience. *Oper Dent.* 2008;33:247-57.
5. Barrancos J, Barrancos P. *Operatoria Dental. Integración a la Clínica*. 4.ª ed Panamericana; 2006, capítulos. 1, 18 y 24; pp. 2-8, 297-336, 473-523.
6. Stangel I, Ellis TH, Sacher E. Adhesion to tooth structure mediated by contemporary bonding systems. *Dent Clin North Am.* 2007;51, 677-94, vii.
7. Perdigão J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am.* 2007;51, 333-57, viii.
8. Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez MA. Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent.* 2001;14:205-10.
9. 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;28(3):215-35.
10. Knobloch LA, Gailey D, Azer S, Johnston WM, Clelland N, Kerby RE. Bond strengths of one- and two-step self-etch adhesive systems. *J Prosthet Dent.* 2007;97:216-22.
11. 3M/ESPE®. Single Bond Universal Adhesive [consultado 12 Ago 2012]. Disponible en: http://solutions.3mae.ae/wps/portal/3M/en_AE/3M_ESPE/DentalManufacturers/Products/DentalRestorativeMaterials/DentalBonding/Dental-Adhesive/
12. Van Landuyt KL, Snauwaert J, de Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* 2007;28:3757-85.
13. Lee JJ, Netter-Marbell A, Cook A Jr, Pimenta LA, Leonard R, Ritter AV. Using extracted teeth for research: The effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *J Am Dent Assoc.* 2007;138:1599-603.
14. Hegde MN, Hegde P, Chandra CR. Morphological evaluation of new total etching and self etching adhesive system interfaces with dentin. *J Conserv Dent.* 2012;15:151-5.
15. Carvalho RM, Manso AP, Geraldini S, Tay FR, Pashley DH. Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. *Dent Mater.* 2012;28:72-86.
16. Erickson RL, Barkmeier WW, Latta MA. The role of etching in bonding to enamel: A comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. *Dent Mater.* 2009;25:1459-67.
17. Manuja N, Nagpal R, Pandit IK. Dental adhesion: Mechanism, techniques and durability. *J Clin Pediatr Dent.* 2012;36:223-34.
18. Torres CP, Corona SA, Ramos RP, Palma-Dibb RG, Borsatto MC. Bond strength of self-etching primer and total-etch adhesive systems to primary dentin. *J Dent Child (Chic).* 2004;71:131-4.
19. Carrillo C. Capa híbrida. *Rev ADM.* 2005;62:181-4.
20. Langer A, Ilie N. Dentin infiltration ability of different classes of adhesive systems. *Clin Oral Invest.* 2013;17:205-16.
21. Wang Y, Spencer P. Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding. *J Dent Res.* 2003;82:141-5.
22. Spencer P, Ye Q, Park J, Topp EM, Misra A, Marangos O, et al. Adhesive/dentin interface: The weak link in the composite restoration. *Ann Biomed Eng.* 2010;38:1989-2003.