

EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO EN LA RESISTENCIA ADHESIVA

microtensil de tres
sistemas adhesivos

*Effect of aging on the microtensile adhesive strength
of three adhesive systems*

POR

MILY GABATEL **PACHECO**¹

VÍCTOR J. **SETIEN**²

¹ Odontólogo en ejercicio privado. Mérida- Venezuela.

² Departamento de Restauradora. Cátedra de operatoria.
Facultad de Odontología. Universidad de Los Andes. Mérida-
Venezuela

Autor de correspondencia: Mily Gabatel, Centro comercial
Mamayeya. Clínica San José
milygabatel@gmail.com

Resumen

Los sistemas adhesivos son el mecanismo de retención de las resinas compuestas y de su desempeño en el tiempo dependerá el éxito de la restauración. Se realizó un estudio para determinar la resistencia adhesiva microtensil de tres adhesivos de grabado total: Adper™ Single Bond 2, One Coat Bond SL y Prime-Dent Bonding Resin. Se seleccionaron 36 molares y se dividieron aleatoriamente en 3 grupos según el sistema adhesivo. Cada uno de estos grupos se dividió, a su vez, en 2 subgrupos luego de someterlos a envejecimiento en dos condiciones de humedad: 100% humedad (H) y totalmente sumergidos en agua (S). Fue eliminado el esmalte oclusal para aplicar en dentina los adhesivos en estudio, y se construyó un bloque de resina sobre dicha superficie, posteriormente se seccionaron los molares restaurados para obtener barritas de 1 mm² sometiéndolas a envejecimiento por 98 días. Luego se aplicó a cada barrita una fuerza microtensil hasta llegar al momento de falla adhesiva. Se realizó un análisis estadístico por ANOVA univariado, y DSH de Tukey ($p < 0.05$), obteniendo un promedio total de resistencia adhesiva de 14,5628 MPa para los grupos de 100% humedad, mayor que para los sumergidos en agua con 12,7267 MPa, siendo el adhesivo Adper™ Single Bond 2 ($H=19,2440 \pm 11,67$ MPa / $S=16,6120 \pm 16,21$ MPa) el que obtuvo la mayor resistencia adhesiva microtensil, seguido de One Coat Bond SL ($H=15,0925 \pm 7,17$ MPa / $S=12,6980 \pm 10,35$ MPa) y por último Prime-Dent Bonding Resin ($H=9,3520 \pm 6,64$ MPa / $S=8,8700 \pm 7,62$ MPa). Se concluye que la degradación hidrolítica por el envejecimiento influyó en los adhesivos estudiados disminuyendo su resistencia adhesiva.

PALABRAS CLAVE: adhesivos dentales, adhesivos de grabado total, resistencia adhesiva.

Abstract

Adhesive systems are the retention mechanism of composite resins and their performance over time will depend on the success of the restoration. A study was conducted to determine the microtensile adhesive strength of three total etch adhesives: Adper™ Single Bond 2, One Coat Bond SL and Prime-Dent Bonding Resin. Thirty-six molars were selected and randomly divided into 3 groups according to the adhesive system, each of these groups was further divided into 2 subgroups after aging in two humidity conditions: 100% humidity (H) and submerged in water (S). The occlusal enamel was removed to apply the adhesives under study on dentin, and a resin block was built on that surface, then the restored molars were sectioned to obtain 1mm² sticks and subjected to aging for 98 days. Then a microtensile force was applied to each bar until the moment of adhesive failure was reached. A statistical analysis was performed by univariate ANOVA, and Tukey's DSH ($p < 0.05$), obtaining an average total adhesive strength of 14.5628 MPa for the 100% humidity groups, higher than for those submerged in water with 12.7267 MPa, being the Adper™ Single Bond 2 adhesive ($H=19.2440 \pm 11.67$ MPa / $S=16,6120 \pm 16.21$ MPa) obtained the highest microtensile adhesive strength, followed by One Coat Bond SL ($H=15.0925 \pm 7.17$ MPa / $S=12.6980 \pm 10.35$ MPa) and finally Prime-Dent Bonding Resin ($H=9.3520 \pm 6.64$ MPa / $S=8.8700 \pm 7.62$ MPa). It is concluded that hydrolytic degradation due to aging influenced the adhesives studied by decreasing their adhesive strength.

KEY WORDS: dental adhesives, total-etch adhesive, adhesive strength.

Introducción

Los avances de la odontología contemporánea se enfocan cada vez más hacia la evolución de los materiales y técnicas clínicas, debido a la gran demanda de la odontología estética y la exigencia de resultados a largo plazo.

Entre estos avances se destaca la revolución que ocasionó en la odontología restauradora la introducción de los sistemas adhesivos por Buonocore en 1955¹. Con Henostroza, desde un punto de vista general la adhesión es simplemente un proceso de unión superficial que necesita de un íntimo contacto entre dos materiales, con una suficiente de humectación del adhesivo que solamente ocurrirá si su tensión superficial es menor que la energía superficial libre del adherente². Para Yoshioka *et al.*³ la adhesión es un proceso de remoción de minerales (calcio y fosfatos) e infiltración de monómeros resinosos con la finalidad de crear una traba mecánica entre el adhesivo y la estructura dental. Por su parte, Anusavice⁴ concibe la adhesión como el proceso de unión de una resina con la dentina grabada, y define el adhesivo dentinario, como una fina capa de resina que se encuentra entre la dentina grabada y la matriz de la resina compuesta.

De tal manera, la adhesión es necesaria para resistir las fuerzas de contracción durante la polimerización de la resina compuesta y para promover una mejor retención y sello marginal cuando el diente restaurado está en función, pues genera un sellado de los túbulos dentinarios que mantiene el equilibrio interno del complejo dentino-pulpar.

Los sistemas adhesivos actuales han mejorado los procedimientos clínicos tanto con respecto a la evolución de componentes y mecanismos de acción, como a la reducción del tiempo operativo de aplicación, proporcionando un tiempo aceptable y predecible eficacia clínica⁵. Sin embargo, es necesaria una buena comprensión del proceso adhesivo para ejecutar una adecuada técnica, considerando que el esmalte y la dentina son diferentes desde el punto de vista morfológico, por lo tanto, el mecanismo de adhesión varía entre un sustrato y otro⁶.

La adhesión a esmalte ha sido ampliamente estudiada, existiendo consenso sobre el mecanismo de adhesión de las resinas compuestas y la mejor técnica para obtenerla, pero la adhesión en dentina sigue en estudio, discutiéndose acerca de cuál método es el mejor y más estable en el tiempo^{7,8}, considerando que en dicho sustrato la adhesión es efectiva cuando la resistencia adhesiva es de 17 MPa o superior, lo que ha representado un desafío técnico mayor que la adhesión al esmalte^{4,5,9}. Las técnicas para lograr adhesión a la dentina se diferencian según la remoción total del barro dentinario y la modificación del mismo. Dependiendo de dichas técnicas se pueden utilizar sistemas adhesivos con un grabado ácido adicional de las estructuras dentarias, o actuando ellos mismos como agentes acondicionantes y adhesivos, como son los adhesivos autograbantes^{5,8,9}.

En los sistemas autograbantes la adhesión se produce a expensas del barro dentinario, el cual no es removido, sino modificado. La técnica adhesiva de grabado total se basa en la remoción del barro dentinario mediante ácido ortofosfórico al 37%, lo que aumenta la permeabilidad y genera la descalcificación de la dentina intratubular e intertubular. El grabado ácido remueve los cristales de hidroxiapatita, dejando una malla de colágeno que podría potencialmente colapsar al producirse la pérdida de soporte inorgánico^{5,8-14}. Después del grabado ácido y lavado se debe aplicar el adhesivo, el cual posee un agente imprimante que tiene dos grupos funcionales: hidrofílico y hidrofóbico, el primero moja y penetra la malla de colágeno desmineralizada y el segundo se une a los monómeros formándose la denominada “capa híbrida” entre el sustrato dentinario y el sistema adhesivo. Como la adhesión a la dentina es a expensas del colágeno, la dentina intertubular tiene mejor adhesión que la intratubular^{5,9-11,13-16}.

Las estrategias actuales de los sistemas de adhesión a dentina, se centran en la formación de una “capa híbrida” sobre la superficie dentinaria, la cual consta de monómeros polimerizados dentro de un enmallado colágeno de la dentina formando una traba micromecánica. Con los sistemas adhesivos tradicionales de grabado total, esta técnica de infiltración requiere humedad en la superficie de la dentina para apoyar las fibras de colágeno, permitiendo por lo tanto una penetración adecuada de la resina para generar una interfaz mineral/colágeno/resina^{9,10,15,16}.

La resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos en dentina depende de la estabilidad del componente de la resina adhesiva y la estabilidad de la matriz de colágeno de la capa híbrida. La resistencia adhesiva de los compuestos resinosos a los sustratos del diente es primordial para la estabilidad a largo plazo de una restauración estética¹⁷.

La presencia de porosidades dentro de las interfaces unidas con el adhesivo, según el tamaño, es llamado microfiltración o nanofiltración¹⁸. El agua, omnipresente en el medio bucal, penetra fácilmente en estas porosidades, teniendo un efecto notable en el proceso de degradación de los sistemas adhesivos, ya que su capacidad de penetrar el adhesivo polimerizado está directamente relacionada con la característica hidrofílica del mismo. Debido a esto, los sistemas adhesivos se vuelven más susceptibles a la absorción de agua, lo que promueve la degradación hidrolítica en el transcurso del tiempo^{18,19}.

Se ha hecho referencia que a pesar de la evolución de los sistemas adhesivos, los sistemas de grabado total siguen teniendo gran efectividad en su desempeño en el tiempo, con respecto a la resistencia adhesiva⁸⁻¹⁰. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue determinar la resistencia adhesiva microtensil de tres sistemas adhesivos de grabado total de dos pasos: Adper™ Single Bond 2, One Coat Bond SL y Prime-Dent Bonding Resin, luego

Materiales y métodos

de someterlos a degradación hidrolítica por medio del envejecimiento de las muestras en dos condiciones de humedad: totalmente sumergidas en agua y 100% humedad.

Esta investigación según Hernández *et al.*²⁰ tiene un diseño experimental, considerando como variables independientes los sistemas adhesivos: Adper™ Single Bond 2, One Coat Bond SL y Prime-Dent Bonding Resin; mientras que la resistencia adhesiva microtensil representa la variable dependiente. La muestra se conformó por treinta y seis (36) molares humanos sanos, sin obturaciones y recientemente extraídos, que fueron seleccionados y almacenados en Cloramina T al 0,05% a temperatura ambiente, los cuales se cortaron para obtener las barritas o micro-especímenes, con aproximadamente las siguientes dimensiones: 10 mm de largo, por 1 mm de ancho, por 1 mm de profundidad.

Se utilizó un cepillo de alambre en forma de disco o cepillo de Robinson, para eliminar los restos de tejidos blandos y/o cálculo dental adheridos a los molares, y la ayuda de un scaler NSK. Para facilitar el manejo de las muestras, se procedió al montaje de todos los molares en resina acrílica transparente, utilizando un molde metálico cúbico de 20 x 20 x 20 mm. Posteriormente utilizando un disco de carborundo montado en un recortador de yeso (31X, Handler Manufacturing, Westfield, EUA), se realizó bajo refrigeración un desgaste plano de la superficie oclusal, en sentido perpendicular al eje mayor del diente y a la altura del tercio medio de la corona, con el propósito de eliminar el esmalte y exponer la dentina coronal. Se inspeccionó la superficie oclusal secándola bien, para comprobar la presencia de esmalte remanente, y de ser necesario se realizó un segundo corte para eliminarlo, evitando exponer la cámara pulpar.

Para proporcionar una capa de barrillo dentinario homogénea, se lijó la superficie oclusal con papel de lija de grano 400 y 600, refrigerando con agua, realizando el desgaste por sesenta (60) segundos, presionando manualmente la superficie oclusal contra la lija con movimientos en forma de ocho (8).

Una vez obtenida la superficie de dentina deseada, estos dientes fueron divididos aleatoriamente en 3 grupos, de 12 dientes cada uno, según el adhesivo a emplear. Luego de exponer la dentina coronal de los molares, se grabó la superficie dentinaria de las muestras con ácido fosfórico al 37% (Secure Etch 37) por 15 segundos y se lavó la superficie con un chorro de agua por 30 segundos utilizando una jeringa triple, para posteriormente secar la dentina con una torunda de algodón.

Seguidamente, se aplicó a cada grupo un sistema adhesivo: Adper™ Single Bond 2 (3M ESPE, EUA), One Coat Bond SL (Colténe/Whaledent, Brasil)

y Prime-Dent Bonding Resin (Dental Manufacturing Inc, EUA) siguiendo las instrucciones de cada fabricante.

Una vez fotopolimerizado cada adhesivo por 20 segundos, se realizó la conformación de un bloque de resina compuesta translúcida Filtek™ Z350 (3M ESPE, EUA). El primer incremento de resina se realizó con una altura de 3 mm aproximadamente y cubriendo solo la dentina oclusal expuesta (sin incluir el esmalte de la periferia) y se fotopolimerizó por 20 segundos, para realizar el segundo incremento de resina, también de 3 mm de altura, logrando una altura total del bloque de resina de mínimo 6 mm, fotopolimerizando en cada cara por lo menos 20 segundos.

Luego de preparadas todas las muestras del estudio, se empleó una sierra de precisión (Isomet 1000™, Buehler, EUA) con disco diamantado, para realizar cortes en sentido vestibulo-lingual en primera instancia, y después en sentido mesio-distal, a una velocidad de 100 rpm y con un peso de 150 g, siempre refrigerando con agua. Las barritas obtenidas (rectangulares y de 1 mm² de grosor aprox.) presentaron dos brazos, uno de dentina y otro de la restauración de resina compuesta, con la interfase adhesiva entre ambos.

El número total de barritas o micro-especímenes asignado a cada grupo de sistema adhesivo fue dividido equitativamente en dos subgrupos para ser sometidos a envejecimiento con agua (totalmente sumergidas en agua *vs* ambiente 100% húmedo). La división de los micro-especímenes de acuerdo al sistema adhesivo y la condición de envejecimiento, se realizó de la manera siguiente:

- **Grupo 1:** Adper™ Single Bond 2
 - Subgrupo 1: sumergidos
 - Subgrupo 2: 100% humedad
- **Grupo 2:** One Coat Bond SL
 - Subgrupo 1: sumergidos
 - Subgrupo 2: 100% humedad
- **Grupo 3:** Prime-Dent Bonding Resin
 - Subgrupo 1: sumergido
 - Subgrupo 2: 100% humedad

Estos micro-especímenes según la condición de envejecimiento y para cada sistema adhesivo, fueron almacenados según su subgrupo en recipientes plásticos identificados, cambiando el agua y/o medio de humedad (torundas de algodón mojadas con agua), cada 8 días, hasta completar 100 días de envejecimiento.

Para poder aplicar las pruebas de microtensión se seleccionaron 20 barritas de cada grupo según el adhesivo y fue necesario realizar un montaje de las barritas o micro-especímenes en un dispositivo al que se le aplicaría la fuerza, utilizando laminillas plásticas de 1 x 2 cm y pegamento a base de

cianoacrilato. Cada uno de los brazos de las barritas se unió a las laminillas a 2 mm de distancia de la interfase adhesiva.

Cada una de las laminillas plásticas fue identificada con las iniciales del sistema adhesivo: Adper™ Single Bond 2 (SB), One Coat Bond SL (OC) y Prime-Dent Bonding Resin (PD) y el número de muestra correspondiente. Además, los extremos de las laminillas, contrarios a la unión con la barrita, fueron perforados con la ayuda de una punta de un clip metálico, calentándola al rojo vivo, siguiendo el eje mayor de las barritas. En estos agujeros se introdujo un extremo de un clip metálico abierto y en el otro extremo de dicho clip se pasó un hilo de nylon de pesca formando un asa. El nylon en la parte superior estaba sujeto a una alcañata redonda de acero, fija al techo, y el hilo inferior sujetaba una bolsa de plástico vacía; a la vez dicha bolsa estaba sujeta por un nylon de mayor longitud que venía directamente de la alcañata del techo, con la finalidad de que, al romper la interfaz adhesiva de la barrita, la bolsa no cayera y pudiera romperse. La prueba de microtensión traccional se llevó a cabo llenando la bolsa con agua hasta el momento de la falla y luego se procedió a pesar la bolsa con la romana de gancho, para, posteriormente, registrar dicho peso en kg y repetir el procedimiento con cada barrita en estudio.

Los resultados de la prueba microtensil (kg) se registraban en una hoja de cálculo del software Microsoft Excel. En la hoja de cálculo también se registró la medida de uno de los extremos de la interfaz adhesiva de cada barrita, que fue medido luego de la falla con la ayuda de un vernier digital (Digital Caliper) para obtener el área de adhesión en mm².

Los resultados de la prueba de microtensión se obtuvieron en kg, que fueron transformados a Newton (N) por medio de la fórmula: $N = kg * 9,8$. Donde Newton es igual al valor en kg de la carga soportada por cada micro-espécimen en el momento de la falla, multiplicado por 9,8 que representa la gravedad estándar de la superficie de la tierra. Finalmente, los valores de resistencia adhesiva fueron calculados y expresados en MPa, utilizando la fórmula: $MPa = N/mm^2$. Los milímetros cuadrados representan el área transversal de la interfaz adhesiva de cada micro-espécimen. De esta manera se obtuvo el valor de la resistencia adhesiva en MPa de cada micro-espécimen, siendo registrados todos los datos en una tabla en Excel según cada sistema adhesivo y condición de envejecimiento.

Los datos de la resistencia adhesiva se analizaron estadísticamente, utilizando el paquete estadístico SPSS19, obteniendo inicialmente la estadística descriptiva para determinar el efecto del envejecimiento de los tres sistemas adhesivos en dentina por medio del ANOVA univariado, y la prueba de comparaciones múltiples DSH de Tukey ($p < 0.05$) para determinar las interacciones y diferencias entre los grupos.

Resultados

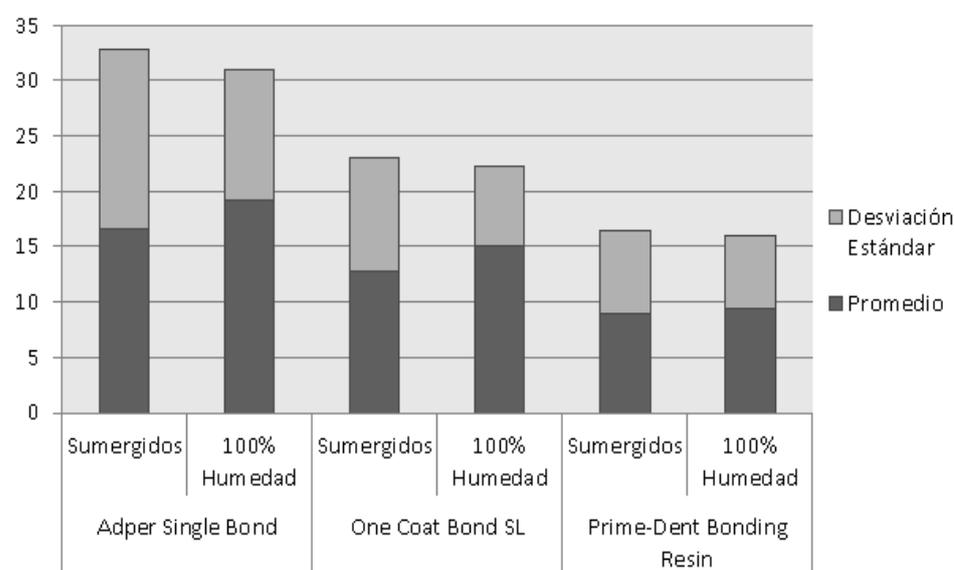
La TABLA 1 y FIGURA 1 muestran la estadística descriptiva de la resistencia adhesiva para cada sistema adhesivo y las condiciones de envejecimiento.

La resistencia adhesiva del Adper™ Single Bond 2 en la estadística descriptiva, en función de la condición de envejecimiento: completamente sumergidos en agua, presentó un valor promedio de 16,6120±16,21 MPa, siendo mayor que One Coat Bond SL 12,6980±10,35 MPa y Prime-Dent Bonding Resin 8,8700±7,62 MPa.

TABLA 1. Estadística descriptiva de la resistencia adhesiva microtensil de los tres sistemas adhesivos, según condición de envejecimiento.

Adhesivo	Condición de Envejecimiento	Promedio	Desviación Estándar	N
Adper™ Single Bond 2	Sumergidos	16,6120	16,21	20
	100% Humedad	19,2440	11,67	20
	Total	17,9280	14,00	40
One Coat Bond SL	Sumergidos	12,6980	10,35	20
	100% Humedad	15,0925	7,17	20
	Total	13,8953	8,87	40
Prime-Dent Bonding Resin	Sumergidos	8,8700	7,62	20
	100% Humedad	9,3520	6,64	20
	Total	9,1110	7,06	40
Total	Sumergidos	12,7267	12,16	60
	100% Humedad	14,5628	9,56	60
	Total	13,6448	10,93	120

FIGURA 1. Promedio y desviación estándar de la resistencia adhesiva microtensil de los tres sistemas adhesivos, según condición de envejecimiento.



En función del envejecimiento en 100% humedad, el valor promedio de la resistencia adhesiva del sistema Prime-Dent Bonding Resin fue de $9,3520 \pm 6,64$ MPa, siendo menor que One Coat Bond SL con $15,0925 \pm 7,17$ MPa y Adper™ Single Bond 2 con $19,2440 \pm 11,67$ MPa.

Al tomar en cuenta el promedio total de resistencia adhesiva para los tres sistemas adhesivos, se debe considerar que el valor promedio de $14,5628$ MPa para los grupos de 100% humedad fue mayor que para los sumergidos en agua con $12,7267$ MPa, debido a la consecuente degradación hidrolítica.

Efectos inter-sujetos en la resistencia adhesiva microtensil

Se realizó un análisis de la varianza ANOVA univariado para la variable dependiente resistencia adhesiva microtensil en 2 niveles (sistema adhesivo y condición de envejecimiento) para determinar diferencias inter-sujetos.

El efecto inter-sujetos con relación a la resistencia adhesiva según el tipo de adhesivo con un valor de $p = 0,001$, señala diferencias estadísticamente significativas, por lo cual se rechaza la hipótesis nula (TABLA 2).

De acuerdo al tipo de envejecimiento $p = 0,339$ y la interacción adhesiva* envejecimiento $p = 0,881$, no hay diferencias estadísticamente significativas, demostrando que el desempeño de los adhesivos en estudio no se vio afectado por el tipo de envejecimiento a los que fueron sometidos.

Se realizó una prueba DSH de Tukey (TABLA 3) para las comparaciones múltiples de los efectos inter-sujetos en función de la resistencia adhesiva microtensil, con los valores promedio en MPa obtenidos con los diferentes adhesivos en estudio al considerar ambas condiciones de envejecimiento. Se puede observar que Prime-Dent Bonding Resin con un promedio de resistencia ad-

TABLA 2. ANOVA univariado para la resistencia adhesiva microtensil en función de los tres sistemas adhesivos y envejecimiento.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1687,489a	5	337,498	3,070	,012
Intercept	22341,504	1	22341,504	203,258	,000
Adhesivo	1558,555	2	779,277	7,090	,001
Envejecimiento	101,145	1	101,145	,920	,339
Adhesivo * Envejecimiento	27,789	2	13,894	,126	,881
Error	12530,542	114	109,917		
Total	36559,535	120			
Corrected Total	14218,031	119			

a. R Squared = ,119 (Adjusted R Squared = ,080)

TABLA 3. Comparaciones Múltiples DSH de Tukey para las diferencias Inter Sujetos.

MICROTENSIÓN				
	Adhesivo	N	Subconjuntos	
			1	2
Tukey DSHa,b	Prime-Dent Bonding Resin	40	9,1110	
	One Coat Bond SL	40	13,8953	13,8953
	Adper Single Bond 2	40		17,9280
	Sig.		,107	,202

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática(Error) = 109,917.

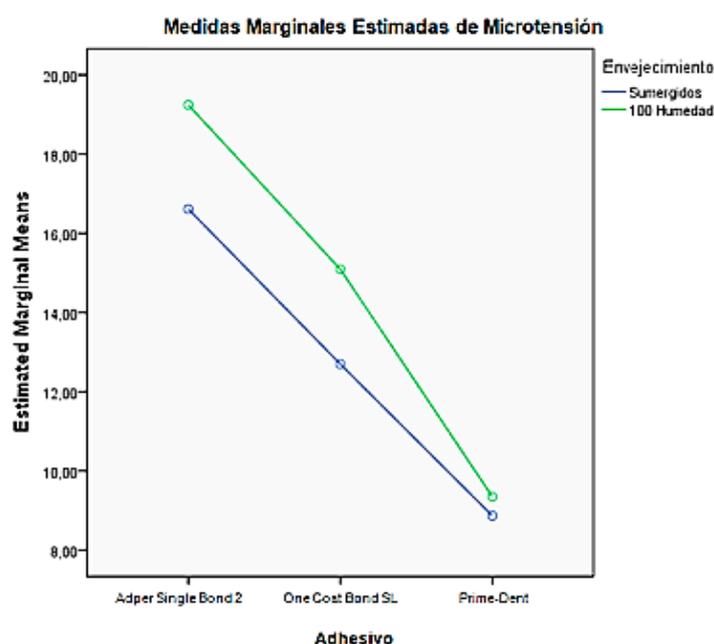
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica= 40,000. b. Alpha = ,05.

hesiva de 9,1110 MPa es estadísticamente diferente a Adper™ Single Bond 2 con 17,9280 MPa. Mientras que One Coat Bond SL que obtuvo un promedio de resistencia adhesiva de 13,8953 MPa, no presentó diferencia estadísticamente significativa al compararlo con los otros dos sistemas.

Al comparar ambos tipos de envejecimiento (FIGURA 2), se puede observar una tendencia de mayor deterioro en los grupos sumergidos en agua de los tres sistemas adhesivos, comprometiendo su resistencia adhesiva.

Con respecto a los sistemas adhesivos empleados, se aprecia la poca resistencia adhesiva demostrada por el Primer-Dent Bonding Resin al compararlo con los resultados del Adper™ Single Bond y One Coat Bond SL. Aunque la diferencia de los resultados entre los grupos sumergidos y 100% humedad del Prime-Dent fue menor que los otros adhesivos.

FIGURA 2. Representación de la interacción Adhesivo* Envejecimiento en la resistencia adhesiva microtensil.



Discusión

Los sistemas de adhesivos dentales han evolucionado a través de los años con cambios en la química, los mecanismos, las técnicas de aplicación y han permitido mejorar la efectividad de los procedimientos clínicos^{5,21}. A pesar de la evolución de los adhesivos dentales, hasta la fecha la unión a dentina es mucho más difícil y menos predecible que la unión al esmalte^{5,8,10}.

En este sentido, el conocimiento y manejo de los factores biológicos y químicos son relevantes para obtener una adhesión óptima a la estructura dental, principalmente al sustrato de dentina. La clave en el protocolo adhesivo para garantizar una alta resistencia adhesiva a dentina y la longevidad de las restauraciones, se basa en los principios de formación de capa híbrida: la desmineralización de la dentina seguida de la infiltración adecuada de monómeros resinosos y la polimerización, considerando la necesidad de que la dentina se mantenga ligeramente húmeda al momento de aplicar el protocolo adhesivo para prevenir el colapso de la red de colágeno después del paso de ataque químico, principalmente en los sistemas de grabado total^{10,15,16,21,22}.

En esta investigación se estudió la efectividad de tres adhesivos de grabado total de 2 pasos: Adper™ Single Bond 2, One Coat Bond SL y Prime-Dent Bonding Resin, basándose en la resistencia adhesiva a la dentina al aplicar una fuerza de microtensión traccional, posterior a envejecimiento de las muestras en diferentes condiciones de humedad (totalmente sumergidos en agua y 100% humedad). Los adhesivos probados en este estudio revelaron variaciones considerables en la resistencia adhesiva microtensil, entre los diferentes sistemas y condiciones de envejecimiento. El adhesivo con mayor resistencia fue el Adper™ Single Bond 2, seguido por el One Coat Bond SL y por último, con un nivel de resistencia adhesiva muy bajo el Prime-Dent Bonding Resin, por lo que se rechaza la hipótesis de nulidad.

La determinación de la resistencia adhesiva se han convertido en un método bien reconocido para analizar una parte importante del desempeño de los adhesivos dentales y respaldar el desarrollo de mejores técnicas y sistemas adhesivos^{17,23-26}. Las pruebas de laboratorio son los métodos más empleados para evaluar productos de adhesión a dentina, por requerir de menor tiempo y costo, al compararlas con los experimentos *In Vivo*, que son los ideales^{9,24,27}. Anteriormente el procedimiento de laboratorio más empleado para medir resistencia adhesiva a dentina era el cizallamiento^{17,21}, pero esta prueba emplea muestras con superficies adhesivas de gran tamaño, siendo objeto de críticas por la distribución desigual del estrés en la interfaz resina-dentina^{9,21,28,29}. En la actualidad, la prueba de microtensión traccional se considera la técnica más confiable, capaz de evaluar la resistencia adhesiva “verdadera” de la interfaz entre un adhesivo y el sustrato de unión, ya que la fuerza traccional es pura, pues la carga se aplica a secciones reducidas con una tensión distribuida de manera uniforme. A su vez, esta prueba ofrece varias ventajas:

permite la evaluación de la resistencia en zonas restringidas, mayor número de muestras por diente (lo que aumenta su precisión) y permite el uso de diferentes sustratos e incluso diferentes regiones en un mismo sustrato (dentina superficial, profunda, esclerótica)²⁸⁻³¹. Dichas razones son las que se consideraron para emplear la prueba de microtensión traccional como método para obtener los valores de resistencia de los sistemas adhesivos en este estudio. Cuanto mayor sea el valor real de la resistencia adhesiva de un adhesivo *In Vitro*, mejor resistirá las fuerzas del medio bucal, y la restauración tendrá mejor comportamiento en el tiempo, *In Vivo*.

Sano *et al.*²⁸ en 1994 introdujeron un método de prueba microtensil, que utilizaba una superficie adherida de aproximadamente 1 mm², y Pashley *et al.*³⁰ en 1999 señalaron que cuanto menor es la sección transversal de un material, menor será la posibilidad de incorporación de defectos, que actúan como centros de concentración de tensiones y, por lo tanto, zonas de propagación de fracturas. Usando este método de prueba, ocurren más fallas adhesivas que cohesivas en la interfaz, y también se han registrado resistencias adhesivas más altas que los métodos de prueba que usaban grandes áreas de superficie^{28,32,33}. La prueba original de resistencia adhesiva de microtensión traccional utiliza muestras en forma de mancuernas o reloj de arena que permiten que la fuerza tensional se dirija de manera más uniforme hacia la región más débil de la interfaz adhesiva; la desventaja de este método es que se genera estrés adicional en la interfaz adhesiva, lo que puede ocasionar microdefectos prematuros de dicha zona, alterando los resultados³³, y, además, es más probable que ocurran fallas cohesivas durante la prueba de especímenes con alta resistencia adhesiva²¹. Por esta razón, en la presente investigación se emplearon micro-especímenes en forma de barritas, que ofrecieron una superficie adherida de 1 mm² aproximadamente, con la finalidad de obtener registros de resistencia adhesiva microtensil más precisos provocando mayor cantidad de fallas adhesivas, de hecho, solo 2 barritas presentaron fallas cohesivas en una totalidad de 120 micro-especímenes probados, estando en total acuerdo con las afirmaciones de los estudios de Sano *et al.*²⁸, Pashley *et al.*³³, Tanumiharjaa³² y Mallick²¹.

Un factor que se sabe que compromete los enlaces resina-diente es la exposición al agua. Clínicamente, el deterioro marginal de las restauraciones de resina sigue siendo problemático y constituye la razón principal que acorta drásticamente la vida útil de las restauraciones adhesivas, ya que representan la entrada de fluidos orales a través de canales de tamaño nanométrico a lo largo de las fibrillas de colágeno dentro de la capa híbrida, lo que se considera perjudicial para la integridad de la adhesión^{22,33-35}.

Cuando se da la sorción de agua, las interacciones intermoleculares entre las cadenas poliméricas se rompen y un efecto más pronunciado puede

ocurrir para sistemas adhesivos hidrofílicos pobremente polimerizado¹². La degradación hidrolítica puede resultar del movimiento del agua dentro de la capa híbrida, aunque investigadores han afirmado que la hidrólisis de las fibrillas de colágeno no encapsuladas por los monómeros de resina en la capa híbrida son responsables para tal degradación^{35,36} y mucha más evidencia demuestra que el movimiento del agua dentro de la interfaz adhesivo-dentina puede extraer monómeros no convertidos de la capa híbrida, haciendo que la interfaz sea débil^{12,37,38}. Varios estudios han demostrado que la prueba de almacenamiento en agua de los enlaces adhesivo-dentina, han disminuido la resistencia adhesiva en varios grados después del envejecimiento a largo plazo (6 meses en adelante)^{19,22,37,39}. De acuerdo con lo anterior, los resultados de este estudio mostraron menores valores de resistencia adhesiva de los tres sistemas empleados en los grupos envejecidos al sumergirlos en agua (Adper™ Single Bond 2= 16,6120±16,21 MPa, One Coat Bond SL= 12,6980±10,35 MPa y Prime-Dent Bonding Resin= 8,8700±7,62 MPa) por efecto de la degradación hidrolítica y a pesar del corto tiempo (100 días), pero tomando en cuenta que el envejecimiento se realizó luego de haber obtenido los micro-especímenes (superficie adhesiva de 1 mm²) que estuvieron totalmente expuestos al medio, coincidiendo con las investigaciones de De Munck *et al.*²², Porto *et al.*²⁷, Reis *et al.*³⁷, Atash Biz *et al.*³⁹, Uceda *et al.*⁴⁰, y Venigalla *et al.*⁴¹.

En otro sentido, ciertas investigaciones indican que la resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos de grabado total depende del tipo de solvente y el grado de humedad en la superficie de la dentina^{37,42}. El disolvente utilizado en los sistemas de grabado total es un factor importante que afecta el manejo y el rendimiento del adhesivo. Los disolventes presentes en el sistema adhesivo generalmente desempeñan dos funciones básicas: transmitir monómeros a la malla de fibras de colágeno de dentina desmineralizada y ayudar a la evaporación del agua que mantiene las fibras de colágeno expandido³⁶. Al referirnos al desempeño de los sistemas adhesivos Jacobsen y Söderholm⁴³ en 1995 informaron que los imprimadores a base de agua tienden a presentar resistencias de unión más bajas en comparación con los imprimadores a base de acetona/alcohol durante el mismo tiempo de aplicación. Esto probablemente se deba a la eliminación incompleta de toda el agua dentro de la zona de interdifusión, que por lo tanto puede interferir con la polimerización incompleta de monómeros. Por otro lado, Yesilyurtc *et al.* y Tanumiharia *et al.*, mostraron que la ventaja de los disolventes a base de agua es que parecen ser menos sensibles a la técnica con respecto a la humedad de la dentina grabada con ácido, lo cual se debe al efecto de auto-humectación de la imprimación, que proporciona una unión eficiente a la dentina seca o húmeda^{24,32}.

El One Coat Bond SL es un adhesivo a base de agua que contiene entre sus componentes metacrilato de hidroxietilo (HEMA), este permite la humecta-

ción del colágeno y ayuda a la difusión del dimetacrilato de uretano (UDMA) en la dentina, teniendo la ventaja de que presenta buenas características de formación de película, lo que puede mejorar la adhesión³²; esto pudo comprobarse en los resultados de la presente investigación, el desempeño este sistema adhesivo en cuanto a su resistencia obtuvo un valor promedio de 13,8953 MPa, bastante aceptable al compararlo con los otros dos sistemas en estudio.

El uso de adhesivos a base de etanol tienen una mayor penetración en las superficies de dentina y mayor desplazamiento del agua residual del tejido, en comparación con los adhesivos con disolvente agua y, por lo tanto, una mayor resistencia del adhesivo²³, concordando así con los resultados obtenidos en este estudio, donde el sistema adhesivo Adper™ Single Bond 2 que tiene como disolventes etanol/agua, obtuvo una resistencia adhesiva promedio de 17,9280 MPa comportándose mejor que el One Coat Bond SL que tiene solo agua como disolvente.

Con respecto al Prime-Dent Bonding Resin, no hay referencia de publicaciones hasta la fecha, ni evidencias del tipo de disolvente dentro de su composición, lo que dificulta hacer una reseña del comportamiento y desempeño de este sistema adhesivo. Sin embargo, al compararlo con los otros sistemas en estudio, fue el que demostró menor resistencia adhesiva ante el envejecimiento en ambas condiciones de humedad, con un promedio total de 9,1110 MPa, casi la mitad del promedio de resistencia adhesiva obtenida por el sistema Adper™ Single Bond 2.

Se ha demostrado que la distribución del estrés a lo largo de la interfaz resina-dentina puede variar mucho dependiendo de la forma en que se hacen las muestras, lo que puede conducir a resultados poco confiables³². De acuerdo con lo anterior, la dispersión de los valores de las resistencias adhesivas obtenidas en este estudio con los tres sistemas adhesivos estudiados fue de mayor rango al compararlas con la resistencia obtenida en otras investigaciones^{21,27,37,39-41,44}, probablemente por el estrés producido en la interfaz adhesiva durante la obtención de los micro-especímenes con la sierra Isomet (el disco de diamante no estaba derecho) y en la aplicación de la fuerza de manera manual, la cual no permitió aplicar la fuerza traccional a una velocidad constante, en este caso, se aplicó una fuerza a velocidad de cero y se fue incrementando el peso continuamente, hasta el momento de la falla. Esto pudo haber ocasionado una carga distinta, que ha podido ser la responsable de la variabilidad en la resistencia total.

Alcanzar una muy alta resistencia adhesiva microtensil no es necesariamente un indicador de éxito clínico. Otros parámetros, como la interacción química con la superficie del diente y la estabilidad de la unión a largo plazo, pueden ser importantes para el éxito clínico de las restauraciones unidas²¹.

Conclusiones

La resistencia adhesiva microtensil a dentina luego del envejecimiento en ambas condiciones de humedad, en un periodo de 100 días, lograda con el sistema adhesivo Adper™ Single Bond 2 y One Coat Bond SL, fue superior a la resistencia obtenida por el sistema Prime-Dent Bonding Resin.

El envejecimiento de las muestras sumergidas totalmente en agua tuvo mayor deterioro o degradación hidrolítica que el grupo expuesto a 100% de humedad, comprometiendo la resistencia adhesiva de los tres sistemas adhesivos en estudio.

Recomendaciones

Prolongar el tiempo de envejecimiento en agua de los adhesivos One Coat Bonding SL y Adper Single Bond 2, para comprobar el nivel real de degradación hidrolítica que pueda influir en la resistencia adhesiva.

Aumentar el tiempo de envejecimiento de las muestras para comprobar si hay diferencia significativa entre ambas condiciones de humedad: sumergidas en agua y 100% humedad a largo plazo.

Referencias

1. Buonocore M. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-853. doi:<https://doi.org/10.1177/00220345550340060801>
2. Henostroza G. *Estética en Odontología Restauradora*. 2da Edición. Madrid, España: Editorial Métrica Ripano; 2006.
3. Yoshioka M, Yoshida Y, Inoue S, et al. Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues. *J Biomed Mater Res.* 2002;59(1):56-62. doi:10.1002/jbm.1216
4. Anusavice. *PHILLIPS Ciencia de los materiales dentales*. 11ma edición. Editorial Saunders. Madrid: Elsevier Ltd; 2004.
5. Mandri M, Aguirre G A, Zamudio M. Adhesive Systems in Restorative Dentistry. *Odontoestomatología.* 2015;17(26):50-56. http://www.scielo.edu.uy/pdf/ode/v17n26/en_v17n26a06.pdf
6. Barrancos J P. *Operatoria Dental, Integración Clínica*. 4ta. Edición. Editorial Médica Panamericana; 2006.
7. Pimenta LA, Amaral CM, Bedran de Castro AK RA. Stability of dentin bond strengths using different bonding techniques after 12 months: total-etch, deproteinization and self-etching. *Oper Dent.* 2004;29(5):592-598. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15470883>.
8. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater.* 2008;24(1):90-101. doi:10.1016/j.dental.2007.02.009
9. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, et al. Buonocore Memorial Lecture Adhesion to enamel and dentin: Current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003; 28(3): 215-235. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12760693>.
10. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2011; 27(1): 1-16. doi:10.1016/j.dental.2010.10.016
11. Cardoso M V., De Almeida Neves A, Mine A, et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J.* 2011; 56(Suppl. 1): 31-44. doi:10.1111/j.1834-7819.2011.01294.x

12. Reis A, Loguercio AD, Carvalho RM, Grande RHM. Durability of resin dentin interfaces: Effects of surface moisture and adhesive solvent component. *Dent Mater.* 2004; 20(7): 669-676. doi:10.1016/j.dental.2003.11.006
13. 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. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7568728>.
14. Jr., Swift E. Bonding systems for restorative materials--a comprehensive review. *Pediatr Dent.* 1998;20(2):80-4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9566010>.
15. Spencer P, Ye Q, Park J, et al. Adhesive/dentin interface: The weak link in the composite restoration. *Ann Biomed Eng.* 2010;38(6):1989-2003. doi:10.1007/s10439-010-9969-6
16. Carrillo C. Capa híbrida. *Rev la Asoc Dent Mex.* 2005;62(5):181-184. <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2005/od055e.pdf>.
17. Orellana N, Ramírez R, Roig M, et al. Comparative study of the microtensile bond strength of three different total etch adhesives with different solvents to wet and dry dentin (in vitro test). *Acta Odontol Latinoam.* 2009;22(1):47-56. https://pdfs.semanticscholar.org/2f2b/86f3a6d37a9e92ddb6b46b1784253ff95d97.pdf?_ga=2.242417226.953994599.1579920029-1733608675.1568596491.
18. Curtis, R; Watson T. *Dentals Biomaterials Imaging, Testing and Modelling.* : First publ. (Curtis, R; Watson T, ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 2008.
19. Dantas DCRE, Ribeiro AIAM, Lima LHMA, et al. Influence of water storage time on the bond strength of etch-and-rinse and self-etching adhesive systems. *Braz Dent J.* 2008;19(3):219-223. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-64402008000300008.
20. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio M del P. *Metodología de La Investigación.* Sexta Edic. Mexico: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.; 2014. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
21. Mallick R, Sarangi P, Mohanty S, Behera S, Nanda S, Satapathy SK. Micro-tensile bond strength of different adhesive systems on sound dentin and resin-based composite: An in-vitro study. *J Conserv Dent.* 2015;18(5):379-383. doi:10.4103/0972-0707.164036
22. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res.* 2003;82(2):136-140. doi:10.1177/154405910308200212
23. Barbosa De Souza F, Vicente Silva CH, Palma Dibb RG, Sincler Delfino C, Carneiro De Souza Beatrice L. Bonding performance of different adhesive systems to deproteinized dentin: Microtensile bond strength and scanning electron microscopy. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2005;75(1):158-167. doi:10.1002/jbm.b.30280
24. Yeşilyurt C, Bulucu B. Bond strength of total-etch and self-etch dentin adhesive systems on peripheral and central dentinal tissue: a microtensile bond strength test. *J Contemp Dent Pract.* 2006;7(2):26-36. <https://pdfs.semanticscholar.org/flb6/15699a8102bda8f610e600435b931cac155b.pdf>.
25. Sarr M, Kane AW, Vreven J, et al. Microtensile bond strength and interfacial characterization of 11 contemporary adhesives bonded to bur-cut dentin. *Oper Dent.* 2010;35(1):94-104. doi:10.2341/09-076-L
26. Souza-Zaroni WC, Ciccone-Nogueira JC, Palma-Dibb RG. Tensile Bond Strength of Different Adhesive Systems to Enamel and Dentin. 2007;18:124-128.
27. Porto G I, Resende, Gurgel do Amaral; Ataíde F M, Azevedo B ME, Japiassú MA. Influencia del tiempo de almacenamiento en la resistencia de unión a la dentina desproteinizada, utilizando tres diferentes adhesivos dentales. *Acta Odontológica Venez.* 2011;49(4). <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2011/4/art-10>.
28. Sano H, Shono T, Sonoda H, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength- Evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater.* 1994;10:236-240. doi: [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0109-5641(94)90067-1)

29. Sano H, Chowdhury AFMA, Saikaew P, Matsumoto M, Hoshika S, Yamauti M. The microtensile bond strength test: Its historical background and application to bond testing. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020;56(1):24-31. doi:10.1016/J.JDSR.2019.10.001
30. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, et al. The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent.* 1999;1(4):299-309. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11725659>.
31. Campos RE, Santos Filho PCF, Osmir OB, Ambrosano GMB, Pereira CA. Comparative evaluation of 3 microbond strength tests using 4 adhesive systems: Mechanical, finite element, and failure analysis. *J Prosthet Dent.* 2018;119(1):166-174. doi:10.1016/j.prosdent.2017.02.024
32. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. *Dent Mater.* 2000;16:180-187. doi: 10.1016/S0109-5641(00)00007-5
33. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dent Mater.* 1995;11(March):117-125. doi:10.1016/0109-5641(95)80046-8
34. Hashimoto M, Nagano F, Endo K, Ohno H. A review: Biodegradation of resin-dentin bonds. *Jpn Dent Sci Rev.* 2011;47(1):5-12. doi:10.1016/j.jdsr.2010.02.001
35. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000;79(6):1385-1391. doi:10.1177/00220345000790060601
36. Santos R, Lima E, Pontes M, Nascimento A, Montes M, Braz R. Bond strength to dentin of total-etch and self-etch adhesive systems. *RGO - Rev Gaúcha Odontol.* 2014;62(4):365-370. doi:10.1590/1981-8637201400040000022648
37. Reis A, Grande RHM, Oliveira GMS, Lopes GC, Loguercio AD. A 2-year evaluation of moisture on microtensile bond strength and nanoleakage. *Dent Mater.* 2007;23(7):862-870. doi:10.1016/j.dental.2006.05.005
38. Carrilho MRDO, Tay FR, Pashley DH, Tjäderhane L, Carvalho RM. Mechanical stability of resin-dentin bond components. *Dent Mater.* 2005;21(3):232-241. doi:10.1016/j.dental.2004.06.001
39. Atash Biz Yeganeh L, Seyed Tabai E, Mohammadi Basir M. Bonding Durability of Four Adhesive Systems. *J Dent (Tehran).* 2015;12(8):563-570. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27123015>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4847161>.
40. Uceda-Gómez N, Loguercio AD, Moura SK, Grande RHM, Oda M, Reis A. Long-term bond strength of adhesive systems applied to etched and deproteinized dentin. *J Appl Oral Sci.* 2007;15(6):475-479. doi:10.1590/S1678-77572007000600004
41. Venigalla BS, Jyothi P, Kamishetty S, Reddy S, Cherukupalli RC, Reddy DA. Resin bond strength to water versus ethanol-saturated human dentin pretreated with three different cross-linking agents. *J Conserv Dent.* 2016;19(6):555-559. doi: 10.4103/0972-0707.194019.
42. Nihi FM, Fabre HSC, Garcia G, Fernandes KBP, Ferreira FB de A, Wang L. In vitro assessment of solvent evaporation from commercial adhesive systems compared to experimental systems. *Braz Dent J.* 2009;20(5):396-402. doi:10.1590/s0103-64402009000500007
43. Jacobsen T, Söderholm KJ. Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater.* 1995;11(2):132-136. doi:10.1016/0109-5641(95)80048-4
44. Munck J De, Meerbeek B Van, Suzuki K, Lambrechts P. Four-year Water Degradation of Total-etch Adhesives Bonded to Dentin. 2003:136-140. doi:10.1177/154405910308200212