

Mecanismos preventivos de la degradación de la capa híbrida

José Manuel Navarrete-Salgado¹, Juan Antonio Arreguin-Cano², Abigail Flores-Ledesma³

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Odontología, CDMX, México.

² Secretaría de Salud del Estado de Guerrero, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

³ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Estomatología, Puebla, México.

Correspondencia:

Abigail Flores-Ledesma: abigailt.flores@correo.buap.mx
Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. Calle 31 poniente #1304, Colonia Los Volcanes, C.P. 72410, Puebla, México.
ORCID: 0000-0002-8136-4820

Coautores:

José Manuel Navarrete-Salgado: jomanasa11@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-6563-5053
Juan Antonio Arreguin-Cano: arreguin90@hotmail.com
ORCID: 0000-0003-1292-9880

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Fuente de financiamiento: Autofinanciado.

Recibido: 15/07/23

Aceptado: 04/08/23

Publicado: 29/09/23

Preventive mechanisms of the degradation of the hybrid layer

Resumen

Uno de los mayores retos de la odontología actual es lograr una adhesión duradera y estable entre los materiales de restauración y los tejidos dentales. Los protocolos adhesivos han ido cambiando a lo largo del tiempo para cumplir con dicho objetivo, tratando de mantener la integridad de la capa híbrida, por lo que se revisaron los factores que provocan la degradación de la capa híbrida y los mecanismos propuestos para prevenir esta degradación. Se realizó una investigación y recopilación de información bibliográfica especializada en el tema, en buscadores científicos como PubMed, Scielo, Redalyc, Medigraphic y Scopus. Para los criterios de inclusión se consideraron años de publicación entre el año 2002 al 2022, enfocados en trabajos de investigación relacionados con la degradación de la interfaz de unión resina-dentina y mecanismos para prevenir esta degradación en la capa híbrida. El mecanismo más estudiado a corto y largo plazo es la aplicación de clorhexidina, la cual se utiliza después del ácido fosfórico y antes del adhesivo, inhibe la actividad proteolítica de las metaloproteinasas de la matriz (MMPs) y retarda la degradación de las fibras colágenas, consiguiendo de esta manera una mayor vida de las restauraciones adhesivas.

Palabras clave: Hidrólisis; Adhesivos; Clorhexidina; Metaloproteinasas de la matriz (DeCS BIREME).

Abstract

One of the biggest challenges in dentistry is to achieve a long-lasting and stable bond between restorative materials and dental tissues. The adhesive protocols have been changing over time to meet this objective, trying to maintain the integrity of the hybrid layer, so the factors that cause the degradation of the hybrid layer and the mechanisms proposed to prevent this degradation were reviewed. An investigation and compilation of specialized bibliographic information on the subject was carried out, in scientific search engines such as PubMed, Scielo, Redalyc, Medigraphic, Scopus, among others, as well as books. For the inclusion criteria, years of publication between 2002 and 2022 were considered, focused on research works related to the degradation of the resin-dentin bonding interface and mechanisms to prevent this degradation in the hybrid layer. The placement

of CHX is used after the application of phosphoric acid and before the adhesive, it inhibits the proteolytic activity of matrix metalloproteinases (MMPs) and the degradation of collagen fibers, thus achieving a longer life of resin dental restorations.

Keywords: Hydrolysis; Adhesives; Chlorhexidine; Matrix metalloproteinases (MeSH NLM).

Introducción

La odontología adhesiva es un enfoque restaurador que se ha convertido en un procedimiento común dentro del área restauradora. Su objetivo es conseguir tratamientos exitosos y duraderos por lo que depende de varios factores, tales como: calidad de los materiales restauradores, proceso de unión, fuerza de adhesión, sellado marginal, entre otros ¹. Sin embargo, conseguir todos los factores del éxito clínico es difícil porque los componentes de la interfase (dentina-restauración) se pueden ver alterados por cambios morfológicos de desnaturalización proteica a nivel de la dentina ². Debido a esto, se han buscado mecanismos que eviten la degradación de la capa híbrida y aumenten la longevidad de las restauraciones.

Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se realizó una investigación y recopilación de información bibliográfica especializada en el tema, en las siguientes bases de datos: PubMed, Scielo, Redalyc, Medigraphic y Scopus. Para los criterios de inclusión se consideraron años de publicación entre el año 2002 al 2022, enfocados en trabajos de investigación *in vitro* relacionados con la degradación de la interfaz de unión resina-dentina y mecanismos para prevenir esta degradación en la capa híbrida, con las palabras clave: capa híbrida, hidrólisis, adhesivos, clorhexidina, metaloproteinasas de la matriz.

Revisión de la literatura

Los sistemas adhesivos han tratado de satisfacer la compatibilidad biomecánica entre el material restaurador resinoso y los tejidos dentales. El concepto de adhesión se ha definido como la interacción o unión entre dos materiales de distinta naturaleza, a través de la interacción con un material intermedio, es decir, la unión adhesiva entre los materiales resinosos y el esmalte o dentina ³. Para lograr una correcta y longeva adhesión se requieren tres pasos esenciales: 1) se debe preparar la superficie dental con un ácido que cree porosidades y que aumente la energía superficial del sustrato para recibir al adhesivo, 2) colocar un primer/adhesivo, el cual ocupará los poros creados por el ácido y producirá una infiltración de los monómeros resinosos sobre las fibras de colágeno expuestas, y por último, 3) la transformación de los monómeros líquidos del primer/adhesivo en polímeros sólidos, que generalmente es, a través de una fuente de luz LED en un rango entre 390-570nm ⁴.

La adhesión al esmalte dental es una adhesión predecible y de buena calidad, principalmente porque es altamente mineralizado (97-98% de cristales de hidroxiapatita),

acelular y estático. El reto dentro de la adhesión ha sido la dentina, este tejido además de contener un porcentaje mineral de entre 75-78% de hidroxiapatita, contiene un 22-25% de compuestos orgánicos que corresponden a agua, colágeno y otras proteínas; por lo que la dentina es un tejido con un alto dinamismo, que evoluciona y se ve afectado por la edad, caries, traumatismos, lo que causa que el proceso adhesivo puede verse afectado ⁵.

La adhesión en la dentina es más compleja y menos durable en comparación con el esmalte, debido a su estructura histológicamente compleja (por los compuestos orgánicos) así como por la humedad inherente de este tejido, lo que dificulta la penetración de los monómeros hidrófobos de los materiales adhesivos. Para mejorar esta situación se añadieron a los sistemas adhesivos ciertos monómeros hidrófilos que generan una mejor penetración e infiltración dentro de los túbulos dentinarios y las fibras colágenas respectivamente ^{6,7}.

Es en este tejido, donde se produce la capa híbrida (Figura 1), que se define como una estructura mixta formada por infiltración de la matriz polimérica del adhesivo y las fibras colágenas de la dentina (expuestas a partir de la colocación del ácido ortofosfórico), siendo el resultado de la relación que existe entre los sustratos dentinales pretratados y los monómeros resinosos. Este concepto introducido por Dr. Nakabayashi ^{8,9} en el año de 1982 sigue siendo un concepto actual y la base de la adhesión. La importancia de esta zona de interdifusión resina-dentina, radica en su función de retención micromecánica y química de la restauración. La estabilidad y longevidad de esta capa híbrida permitirá una unión fuerte y duradera entre el material de restauración y la dentina ¹⁰.

Sistemas adhesivos. La odontología adhesiva surgió en el año 1955 cuando Buonocore, al utilizar una solución ácida (ácido ortofosfórico 35-37%) sobre el esmalte logró obtener un patrón de grabado que permitía la creación de porosidades, creando una retención micromecánica ¹¹. Posteriormente Bowen obtuvo un material resinoso de alto peso molecular que lograba unirse parcialmente al diente grabado, actualmente es el monómero más usado dentro de la odontología: el bisfenol-glicidil-metacrilato (Bis-GMA) ¹². Aunque, fue necesario usar un sistema adhesivo con monómeros de bajo peso molecular que logran penetrar en los tejidos dentales.

Entonces los sistemas adhesivos están conformados por tres componentes principales: un agente ácido, los imprimadores o *primers* y los adhesivos como tal (Figura 2). La función del grabado ácido consiste en preparar la superficie del sustrato para que este reciba al adhesivo,

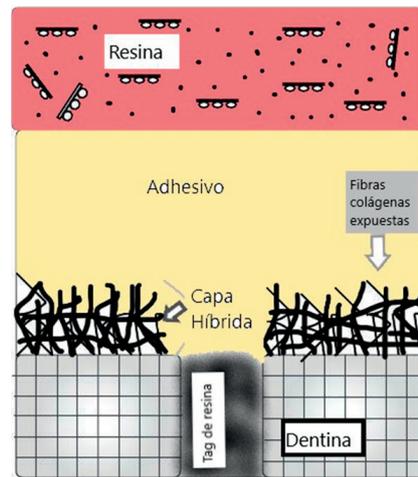


Figura 1. Capa híbrida
Fuente: propia

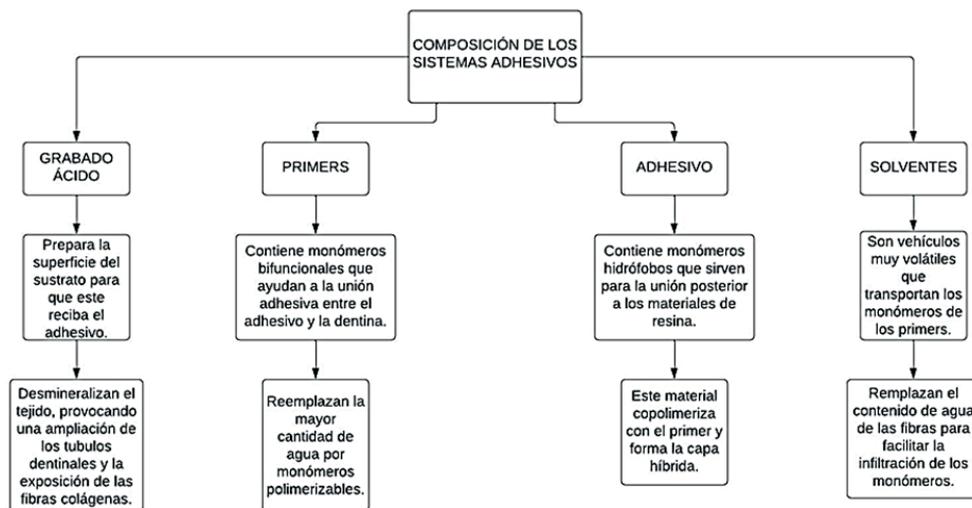


Figura 2. Composición de los sistemas adhesivos
Fuente: propia

eliminando o manteniendo la capa de barrillo dentinario, generar una desmineralización del tejido provocando una ampliación de los túbulos dentinarios y la exposición de la matriz colágena¹³. El porcentaje más común que se utiliza de ácido ortofósforico es entre 35-37%, sin embargo, los sistemas adhesivos de autograbado sustituyen este ácido por monómeros ácidos.

Los *primers* pueden o no estar incorporados junto con el adhesivo, son monómeros bifuncionales que poseen una parte hidrófila, que es afín a la agua de la dentina y penetra en esta misma permitiendo la traba micromecánica, y una parte hidrófoba, la cual se unirán a los monómeros hidrófobos del adhesivo¹⁴. De esta manera el imprimador ayuda a la unión adhesiva y retentiva entre el adhesivo y la dentina¹⁵ mejorando la capilaridad y humectancia del adhesivo. Por último, el adhesivo contiene monómeros hidrófobos, los cuales sirven para la unión posterior a los materiales de resina. Este material copolimeriza con el agente imprimante y forma la capa híbrida¹⁵.

Existen diversas clasificaciones de los sistemas adhesivos, una de ellas y la más práctica es de acuerdo si se elimina o modifica el barrillo dentinario a través de la colocación del ácido grabador (sistemas de grabado total), o si dentro del sistema adhesivo se incorporaron monómeros ácidos (llamados autograbantes)¹⁰. Esta clasificación fue propuesta por Van Meerbeek, sin embargo, también pueden ser clasificados por el sistema de activadores, por pasos, por generaciones o una combinación de estas últimas dos⁹, dicha clasificación es esquematizada en la Figura 3.

Degradación de la capa híbrida. Existen diversos mecanismos, tanto químicos y físicos, que provocan una degradación de la capa híbrida, es decir esa unión entre el adhesivo y las fibras de colágenas a nivel de la dentina, ocasionando de esta manera fallas en las interfaces adhesivas, infiltración, tinción, sensibilidad dentinaria, caries secundaria y otros problemas dentales. A continuación, se enlistan algunos de los mecanismos más estudiados:

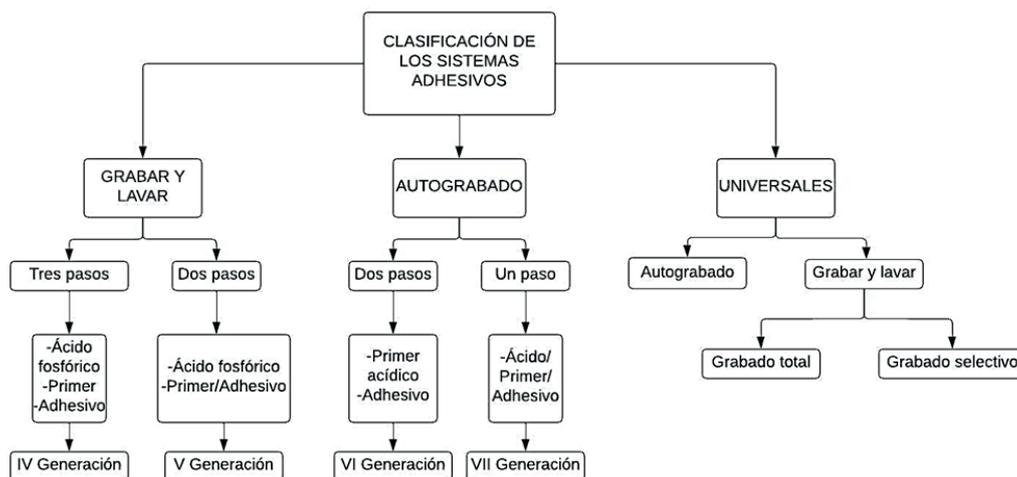


Figura 3. Clasificación de los sistemas adhesivos
Fuente: propia

- a. Contracción de la polimerización de las resinas: Este mecanismo de degradación esta ocasionado por la contracción que se genera en las resinas compuestas como parte inherente al material. Esta contracción de polimerización ocurre por la reducción de la distancia intermolecular de los monómeros una vez que son polimerizados, lo que puede producir microfisuras entre la capa híbrida y el tejido dental, teniendo como consecuencia fallas en la adhesión y filtración marginal ¹⁵. Algunas formas para contrarrestar este mecanismo de degradación son mediante la técnica incremental oblicua de resina ^{16,17}.
- b. Aumento de la hidrofilia en la capa híbrida: Otro motivo que provoca la degradación de la interfaz de unión adhesiva es la hidrólisis, es decir la degradación del agua a ciertas sustancias, en este caso a los polímeros de los adhesivos. Esta situación es ocasionado por dos factores: la composición hidrófila de los sistemas adhesivos (mayor cantidad de monómeros hidrófilos), lo que genera un aumento en la sorción de agua en la capa híbrida, y por la presencia de agua que existe en las fibras de colágeno desmineralizadas ¹⁸.
- c. Atrapamiento de disolventes residuales en la interfaz adhesiva: Cuando no se produce una evaporación completa de los disolventes (agua/alcohol/acetona) presentes en los adhesivos dentales, se ocasiona una interferencia en la conversión de monómeros a polímeros, provocando que en la capa híbrida se retenga una parte del disolvente o de agua intrínseca ⁷. Por lo tanto, a mayor contenido de disolvente dentro de la solución del adhesivo antes de la fotopolimerización, menor es el grado de conversión y también de las propiedades del adhesivo ¹⁹.
- d. Infiltración incompleta de los monómeros resinosos: En ocasiones los monómeros resinosos no logran infiltrar e hibridarse completamente con las fibras

colágenas debido a la diferencia en la profundidad de la desmineralización de la dentina, lo que provoca que existan zonas de dentina (fibras colágenas) desmineralizada y desprotegidas, generando que la capa híbrida se degrade con el tiempo ²⁰. Por lo regular la desmineralización de la dentina intertubular tiene una profundidad de 4 a 5 micras, mientras que el adhesivo penetra 3 micras, por lo que esto provoca que una parte de la capa de colágeno no se proteja ¹⁸. Además, las fibras colágenas que están desprotegidas se vuelven más vulnerables a la fatiga mecánica y a la hidrólisis ²¹.

- e. Metaloproteinasas: Una de las principales causas que provocan la degradación de la capa híbrida es la acción proteolítica de las metaloproteinasas de la matriz (MMPs) ^{2,22}. Las MMPs son enzimas proteolíticas endógenas dependientes de zinc y calcio que se encuentran en la dentina, las cuales, son responsables de degradar la matriz extracelular (siendo su principal sustrato el colágeno) ^{21,23}. Las MMPs están cubiertas por cristales de apatita durante el proceso de mineralización dentinaria, lo que las hace quedarse inmóviles e inactivas dentro de la matriz inorgánica. Sin embargo, cuando la dentina sufre un proceso de desmineralización, ya sea por caries o grabado ácido (disminución de pH), estas enzimas son activadas, produciendo la lisis de la matriz orgánica. Tjäderhane *et al.* ²⁴ hallaron que las MMPs de la dentina también son activadas por los ácidos producidos por las bacterias cariogénicas.

Mecanismos preventivos en la degradación de la capa híbrida. La estabilidad de la capa híbrida es vital si se quiere una adhesión duradera y de calidad entre el material de restauración y el tejido dental. Por lo tanto, se han implementado varias técnicas que permiten la estabilización de la capa híbrida. Algunos de ellos siguen en proceso de evaluación tanto in vivo como in vitro, los más relevantes son numerados a continuación:

- A. Biomodificadores de la dentina: Los materiales pertenecientes a este grupo mejoran las propiedades físicas (la estructura, las propiedades mecánicas y la resistencia a la degradación enzimática) de la dentina modificando su composición bioquímica¹⁸. Dentro de este grupo se encuentran materiales como la riboflavina^{24,25}, glutaraldehído²⁶, compuestos polifenólicos de tipo flavonoide¹⁸ y biovidrios⁷. El problema con estos mecanismos es que requieren tiempos de aplicaciones muy largos, lo que dificulta su uso clínico. Además, a pesar de que estos materiales tienen buenos resultados en estudios *in vitro*, es necesario su uso *in vivo* para que la aplicación clínica sea adecuada¹⁸.
- B. Incorporación de compuestos de amonio cuaternario (QAMS): Los compuestos de amonio cuaternario son sustancias activas biocidas que se utilizan en la formulación de desinfectantes, los cuales tienen la capacidad de matar a *Streptococcus mutans* y *Actinomyces naeslundii* de una forma efectiva²⁷. La incorporación de QAMS al 5% en un adhesivo, proporciona actividades antimicrobianas y anti-proteolíticas, así como una óptima inhibición de MMPs. Esto ayuda a la integridad de la unión entre la resina y la dentina a largo plazo, así como a la eliminación de la caries secundaria²⁷. Sin embargo, aún son necesarios más estudios tanto *in vitro* que indiquen su efectividad, de manera que se justifique el uso de estos compuestos protocolos clínicos.
- C. Mayor tiempo en la aplicación de los adhesivos: Esta parte está relacionada con el correcto seguimiento de las indicaciones que menciona el fabricante; realizando una aplicación vigorosa por toda la cavidad durante un tiempo de 20 segundos, continuando con la volatilización, mediante aire, de los solventes durante 5 a 10 segundos, según las instrucciones del fabricante¹⁹. Evitando el atrapamiento de disolventes residuales y/o agua en la capa híbrida (haciendo una capa híbrida menos hidrófila), promoviendo una mejor impregnación del adhesivo (para evitar una incompleta infiltración de los monómeros resinosos) y una mayor longevidad en la unión resina-dentina¹⁹. Además, existen nuevos conceptos en el área de la odontología biomimética que ayudan a prevenir esta degradación, así como sellar y proteger el complejo dentino-pulpar inmediatamente después de la preparación dentaria, como el sellado dentinario inmediato (por sus siglas en inglés IDS *immediate dentin sealing*), que consiste en la aplicación de un sistema adhesivo inmediatamente después de haber realizado la preparación dentaria^{28,29} y la técnica de *resin coating* (RC), que consiste en la colocación de una resina fluida sobre la superficie de la preparación, con el objetivo de formar una película de sellado hermético en la superficie dentinaria³⁰. De igual manera, otro concepto que ayuda a esta prevención es el desacople con el tiempo o *decoupling with time* (DWT), el cual consiste en permitir que la unión del material adhesivo y el revestimiento con resina se unan a la dentina en un ambiente libre de estrés durante al menos 5 minutos, antes de colocar un material definitivo, esto con el fin de que la capa híbrida tenga tiempo suficiente de madurar³¹. Por otro lado, es importante tener presente la capa inhibida por oxígeno, la cual consiste en la capa que no se ha producido la polimerización completa de la resina debido a la presencia de oxígeno. Para evitar su formación se requiere utilizar materiales como matriz de celulosa o glicerina³².
- D. Aplicación de una capa hidrófoba adicional: Los actuales sistemas adhesivos, simplificados o autograbantes, que no tienen relleno, tienden a ser más hidrófilos en su composición, por lo que esto crea un medio no tan ideal en la capa híbrida. Para solucionar este problema, se ha sugerido la aplicación de una capa adicional de un monómero hidrófobo²⁶.
- E. Técnica de adhesión húmeda en etanol: El objetivo de esta técnica es crear una capa híbrida menos hidrófila, lo que permite reducir la degradación de la interfaz resina-dentina. Consiste en colocar etanol sobre el tejido dentinario antes de la aplicación de los sistemas adhesivos. Algunas de las ventajas de esta técnica son que logra una interfaz adhesiva más espesa, ya que no hay colapso de las fibras de colágeno y existe una mayor infiltración de los monómeros, la absorción de agua disminuye, el etanol ayuda a eliminar el agua libre, y se reduce la acción de las enzimas colagenolíticas^{21,23}.
- F. Clorhexidina: La clorhexidina (CHX) es un agente antibacteriano de amplio espectro² que tiene la capacidad de inhibir de una forma eficaz la actividad proteolítica de las MMPs^{4,25,27} (principal causa de degradación de la interfaz de unión adhesiva) y, por ende, se considera un buen material para preservar la capa híbrida³³. Este efecto inhibitorio se logra por los mecanismos de quelación y atrapamiento de iones metálicos (especialmente cálcicos y de zinc), provocando la interrupción e impedimento de la actividad y reacción catalítica de las enzimas⁴. Además, presenta diferentes características que ayudan a esta preservación adhesiva: sustantividad, propiedades catiónicas y un amplio espectro antibacteriano³⁴. Diversos estudios se han realizado para saber la efectividad de la CHX, uno de ellos fue el realizado por Hebling *et al.*³⁵ en donde descubrieron que los dientes tratados con clorhexidina mostraban una integridad estructural normal de la red colágena en la región adhesiva, a comparación del grupo que no había sido tratado con este material, el cual, presentaba desintegración progresiva de la red de fibras colágenas. Inclusive, la preservación de la capa híbrida, acompañada con la permanencia de los iones de CHX dentro de la misma, ha sido demostrada aun después de 10 años, en un estudio realizado *in vitro*, a comparación del grupo control que no se colocó CHX y en el cual el 98% la capa híbrida se había degradado³⁶. En 2007, Carvalho³⁷ demostró que la clorhexidina

conservaba la fuerza de unión de una mejor forma a los seis meses que el grupo control donde no se había aplicado este material. Esta preservación de la capa híbrida, acompañada de una actividad enzimática menor y la permanencia de los iones de CHX en la capa híbrida, fue demostrada en un estudio *in vitro* aun después de 10 años, cuando se comparaba con del grupo control, el cual no tenía tratamiento de CHX, donde el 98% de la capa híbrida se había degradado³⁶. Estos estudios³⁵⁻³⁷ así como los realizados por Sarmiento⁴, Herrera²⁰, Hernández², Bravo³⁸, Tjäderhane³⁹ y Loguercio⁴⁰ confirman que la CHX sirve para inhibir la degradación de las fibras colágenas, provocada por las MMPs, generando un retraso en la degradación de las uniones de la resina y dentina. Con respecto al tiempo de uso de la CHX, esta puede ser colocada desde 15 a 60 s⁴⁰, y en cuanto a la concentración, esta va de un 0.02% a un 2%, sin embargo, los mejores valores se presentan al 2%³⁶. Es importante mencionar que la colocación de la CHX deber ser aplicada después de la aplicación del ácido fosfórico y antes del adhesivo.

Conclusiones

A pesar de que existen varias formas eficaces de mejorar la unión adhesiva a través de la prevención de la degradación enzimática del colágeno, muchas de estas solo se han probado en estudios *in vitro*, por lo que aún son necesarios más estudios para que estos materiales puedan ser utilizados en los protocolos clínicos. La mayoría de los estudios analizados indican que el material de elección para evitar la degradación de la capa híbrida es la clorhexidina, su incorporación al protocolo de aplicación de adhesivos es un paso importante para retardar la degradación de las fibras colágenas, logrando así una mayor vida de las restauraciones dentales. Aunque la incorporación de la clorhexidina implica un paso clínico adicional, esto produce excelentes resultados en la integridad y la fuerza de unión de la capa híbrida, por lo que se recomienda su uso ampliamente.

Referencias bibliográficas

- Valenzuela Aránguiz V, García González D, Zamorano Pino X. Micromorfología de la capa híbrida de dos sistemas adhesivos: Análisis al MET. *Av Odontoestomatol*. 2012;28(3):133-40.
- Pomacóndor-Hernández C. Papel de la clorhexidina en la odontología restauradora. *Odontol Sanmarquina*. 2010;13(2):46-9. DOI: 10.15381/os.v13i2.2883.
- Utria-Hoyos J, Pérez-Pérez E, Rebollo-Cobos M, Vargas-Barreto A. Características de las soluciones de clorhexidina al 2% y al 0,2% en preparaciones cavitarias en odontología: una revisión. *Duazary*. 2018;15(2):181-94. DOI: 10.21676/2389783X.2103.
- Sarmiento Criollo PF. Incorporación del digluconato de clorhexidina como agente inhibidor de las metaloproteinasas en los procesos adhesivos para acrecentar su durabilidad. *Odontol Act*. 2020;5(3):67-72. DOI: 10.31984/oactiva.v5i3.426.
- Carrillo SC. Dentina y adhesivos dentinarios. Conceptos actuales. *Rev ADM* [internet]. 2006 [citado el 10 de mayo de 2022];63(2):45-51. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2006/od062b.pdf>.
- Galdames B, Brunoto M, Marcus N, Grandon F, Priotto E. Diferentes Protocolos de Grabado Ácido en Dentina; Estudio Micromorfológico. *Rev Clín Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2018;11(2):91-7. DOI: 10.4067/s0719-01072018000200091.
- Araujo JF, Lago ADN, Lima DM. Degradación de la unión resina-dentina: ¿Por qué sucede y qué estrategias proponen para evitarla?. *Acta Odontol Venez* [Internet]. 2015 [citado el 17 de mayo de 2022];53(3):1-13. Disponible en: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2015/3/art-18/>.
- Nakabayashi N, Kojima K, Matsuhara E. The promotion of adhesion by infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res*. 1982;16(3):265-73. DOI: 10.1002/jbm.820160307.
- Martín Hernández J. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. *Av Odontoestomatol* [Internet]. 2004 [citado el 17 de mayo de 2022];20(1):19-32. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852004000100003&lng=es.
- Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater*. 2011;27(1):17-28. DOI: 10.1016/j.dental.2010.10.023.
- Tessore Romina, Silveira Camila, Vázquez Priscila, Mederos Matías, García Andrés, Cuevas-Suarez CE, *et al*. Evaluación de la resistencia de unión a dentina humana de un sistema adhesivo universal con clorhexidina utilizado en modo de grabado total y autocondicionante. *Odontoestomatología*. 2020;22(35):20-9. DOI: 10.22592/ode2020n35a4.
- Camps Alemany I. La evolución de la adhesión a dentina. *Av Odontoestomatol*. 2004;20(1):11-7. DOI: 10.4321/s0213-12852004000100002.
- Fuentes Fuentes M^oV. Propiedades mecánicas de la dentina humana. *Av Odontoestomatol* [Internet]. 2004 [citado el 17 de mayo de 2022];20(2):79-83. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852004000200003&lng=es.
- 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(26):3757-85. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2007.04.044.
- Bader Mattar M, Ibáñez Musalem M. Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2014;7(3):115-22. DOI: 10.1016/j.piro.2014.09.005.
- Pacheco Fernández C, Gehrkué Lorca A, Ruiz Arana P, Gainza Aragonés P. Evaluación de la adaptación interna de resinas compuestas: técnica incremental versus bulk-fill con activación sónica. *Av Odontoestomatol*. 2015;31(5):313-21. DOI: 10.4321/S0213-12852015000500004.

17. Deliperi S, Bardwell DN. An alternative method to reduce polymerization shrinkage in direct posterior composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 2002;133(10):1387-98. DOI: 10.14219/jada.archive.2002.0055.
18. Pignata S, Vola J. Importancia de la interfaz dentina-adhesivo en la longevidad de las restauraciones adherida. El papel de los nuevos agentes reticuladores. *Revista de Operatoria Dental y Biomateriales* [internet]. 2015 [citado el 20 de mayo de 2022];4(1):34-42. Disponible en: <https://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2015/01/vol-4-N1-interfaz.pdf>.
19. Cintra Mailart M, Bogado Escobar L, Polleto A, Buhler Borges A. Degradación de la interfaz adhesiva : ¿Cuáles son las consecuencias para la longevidad de las restauraciones ? *Facultad de Odontología UNCuyo* [internet]. 2017 [citado el 28 de abril de 2022];11(1):15-20. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11254/cintramailarttrfo-1112017.pdf.
20. Herrera Morante DR, Kose Jr C, Villa Verde F, Stanislawczuk R, Reis A, Dourado Loguercio A. Clorhexidina como alternativa para maximizar la longevidad de restauraciones adhesivas. *Rev estomatol Hered* [Internet]. 2010 [citado el 20 de mayo de 2022];20(2):78-84. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=421539358005>.
21. Frassetto A, Breschi L, Turco G, Marchesi G, Di Lenarda R, Tay FR, *et al.* Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability--A literature review. *Dent Mater.* 2016;32(2):e41-e53. DOI: 10.1016/j.dental.2015.11.007.
22. Zhang SC, Kern M. The role of host-derived dentinal matrix metalloproteinases in reducing dentin bonding of resin adhesives. *Int J Oral Sci.* 2009;1(4):163-76. DOI: 10.4248/IJOS.09044.
23. Sandoval Nathalia G, Lima Nayra SC, Bautz Willian G, Gama-de-Souza Leticia N, Cobum Karla LA. Matrix Metalloproteinase 2: A possible role in Tooth development and eruption. *Odovtos.* 2019;21(1):41-51. DOI: 10.15517/ijds.v0i0.35327.
24. Mazzoni A, Tjäderhane L, Checchi V, Di Lenarda R, Salo T, Tay FR, *et al.* Role of dentin MMPs in caries progression and bond stability. *J Dent Res.* 2015;94(2):241-51. DOI: 10.1177/0022034514562833.
25. Betancourt DE, Baldion PA, Castellanos JE. Resin-dentin bonding interface: Mechanisms of degradation and strategies for stabilization of the hybrid layer. *Int J Biomater.* 2019;2019:5268342. DOI: 10.1155/2019/5268342.
26. Carvalho AO, Bacelar-Sá R, Wodevotzky O, Bovi Ambrosano GM, Magne PC, Giannini M. Bond strength and micromorphology of resin-dentin interface of etch-and-rinse dentin bonding agents after 1-year of water storage. *Appl Adhes Sci.* 2016;4(16):1-8. DOI: 10.1186/s40563-016-0073-5.
27. Gou YP, Meghil MM, Pucci CR, Breschi L, Pashley DH, Cutler CW, *et al.* Optimizing resin-dentin bond stability using a bioactive adhesive with concomitant antibacterial properties and anti-proteolytic activities. *Acta Biomater.* 2018;75:171-82. DOI: 10.1016/j.actbio.2018.06.008.
28. Samartzi TK, Papalexopoulos D, Sarafianou A, Kourtis S. Immediate dentin sealing: A literature review. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2021;13:233-56. DOI: 10.2147/CCIDE.S307939.
29. Calatrava L. Actualización en odontología adhesiva y sellado inmediato dentinario (SID). Revisión de la literatura. *Acta Odontol Venez* [internet]. 2018 [citado el 2 de mayo de 2022];56(2):1-15. Disponible en: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2018/2/art-10/>.
30. Nikaido T, Tagami J, Yatani H, Ohkubo C, Nihei T, Koizumi H, *et al.* Concept and clinical application of the resin-coating technique for indirect restorations. *Dent Mater J.* 2018;37(2):192-6. DOI: 10.4012/dmj.2017-253.
31. Espinoza Cárdenas JA, Delgado Gaete A, Astudillo-Rubio D, Maldonado-Torres K. Introducción a una odontología biomimética: reporte de un caso. *Odontol Act.* 2022;7(2):89-97. DOI: 10.31984/oactiva.v7i2.772.
32. Sánchez-Sánchez JE, Rodríguez-Cervantes KG, Armas A del C, García-Merino IR, Oñate-Negrete HS. Técnicas diferentes para eliminar la capa de resina inhibida por oxígeno, en un composite nanohíbrido sometido a desgaste abrasivo. *Dom Cien.* 2018;4(2):20-33. DOI: 10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.núm.2.abril.20-33.
33. Josic U, Maravic T, Mazzitelli C, Del Bianco F, Mazzoni A, Breschi L. The effect of chlorhexidine primer application on the clinical performance of composite restorations: a literature review. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(1):69-77. DOI: 10.1111/jerd.12701.
34. Sajjan P, Laxminarayan N, Kar PP, Sajjanar M. Chlorhexidine as an antimicrobial agent in dentistry – A review. *OHDM* [internet]. 2016 [citado el 15 de mayo de 2022];15(2):93-100. Disponible en: <https://maleeducation.com/uploads/bbcbefb-6ee7-44ab-bb40-3c35e7247196.pdf>.
35. Hebling J, Pashley DH, Tjäderhane L, Tay FR. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. *J Dent Res.* 2005;84(8):741-6. DOI: 10.1177/154405910508400811.
36. Breschi L, Maravic T, Comba A, Cunha SR, Loguercio AD, Reis A, *et al.* Chlorhexidine preserves the hybrid layer in vitro after 10-years aging. *Dent Mater.* 2020;36(5):672-80. DOI: 10.1016/j.dental.2020.03.009.
37. Carvalho MR, Carvalho RM, Goes MF, di Hipolito V, Geraldini S, Tay FR, *et al.* Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. *J Dent Res.* 2007;86(1):90-4. DOI: 10.1177/154405910708600115.
38. Bravo C, Sampaio CS, Hirata R, Puppini-Rontani RM, Mayoral JR, Giner L. In-vitro Comparative Study of the use of 2% Chlorhexidine on Microtensile Bond Strength of Different Dentin Adhesives: A 6 months evaluation. *Int J Morphol.* 2017;35(3):893-900. DOI: 10.4067/s0717-95022017000300052.
39. Tjäderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol ILS, Geraldini S, *et al.* Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer-A review. *Dent Mater.* 2013;29(10):999-1011. DOI: 10.1016/j.dental.2013.07.016.

40. Loguercio AD, Hass V, Gutierrez MF, Luque-Martinez IV, Szezs A, Stanislawczuk R, *et al.* Five-year effects of chlorhexidine on the in vitro durability of resin/dentin interfaces. *J Adhes Dent.* 2016;18(1):35-42. DOI: 10.3290/j.jad.a35514.

Contribución de los autores:

JMNS: Redacción del artículo, análisis de datos/interpretación de datos, aprobación del artículo, acuerdo para responsabilizarse de todos los aspectos del trabajo. JAAC: Revisión crítica del artículo, aprobación del artículo. AFL: Redacción del artículo, análisis de datos/interpretación de datos, aprobación del artículo, aceptación de ser responsable de todos los aspectos del trabajo.