



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS ADHESIVOS UNIVERSALES EN LA RESISTENCIA A LA MICROTRACCIÓN EN RESINAS COMPUESTAS. INFLUENCE OF UNIVERSAL ADHESIVE SYSTEMS ON MICROTENSILE STRENGTH IN COMPOSITE RESINS.

Banegas, A.,¹ Morales, B.,² Cordero, M.,³ Pinos, P.⁴

1. Estudiante de pregrado de la Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Odontología. Cuenca Ecuador.
2. Magister especialista en odontología restauradora área de rehabilitación oral. Universidad Católica de Cuenca, Facultad de Odontología. Cuenca, Ecuador.
3. Docente Catedrática titular de Materiales Dentales la Unidad Académica de Ciencia Odontológica de la Universidad Católica de Cuenca-Ecuador.
4. Docente Odontología Restauradora. Área de Rehabilitación Oral. Facultad de Odontología, Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Correspondencia : mcorderol@ucacue.edu.ec

Volumen 13.
Número 1.
Enero - Abril 2024

Recibido: 09 octubre 2023
Aceptado: 04 noviembre 2023

RESUMEN

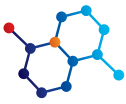
La odontología moderna debe cumplir con dos requerimientos esenciales, ser mínimamente invasiva y altamente estética, es por eso, que en la actualidad ya se encuentran disponibles una variedad de técnicas enfocadas en garantizar un desgaste mínimo, al mismo tiempo que proporcionen una adhesión eficiente. La adhesión del material al sustrato dental es crucial en el proceso de restauración; puesto que, al suceder una falla en la matriz de adhesión, ya sea adhesiva o cohesiva, se pueden generar inconvenientes que deriven al fracaso de la restauración o incluso un daño patológico del tejido dentario. Objetivo: Determinar la influencia de los sistemas adhesivos universales sobre la resistencia a los ensayos de microtracción en resinas compuestas. Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda de la literatura en inglés, portugués y español para identificar todas las publicaciones realizadas sobre el efecto de los sistemas adhesivos universales en la resistencia a la microtracción. Se examinaron siete bases de datos: MEDLINE (PubMed), DOAJ, Scopus, SciELO y BBO (Biblioteca Brasileira de Odontología). Tras aplicar los criterios de exclusión, se acotó la lista final de artículos para analizar los resultados. Conclusiones: Los sistemas adhesivos universales influyen positivamente en la resistencia de las restauraciones de resina compuesta en las pruebas de microtracción, confiriendo una unión a largo plazo y permitiendo al operador optimizar el tiempo de trabajo.

Palabras clave: sistemas adhesivos universales, resistencia a la microtracción, resinas compuestas, fuerza adhesiva.

ABSTRACT

Modern dentistry must fulfill two essential requirements: to be minimally invasive and highly esthetic; thus, various techniques are now available to ensure minimal tooth wear while achieving efficient adhesion. The adhesion of dental materials to the tooth substrate plays a critical role in the success of restorations, as failure in the bonding matrix, whether adhesive or cohesive, can lead to restoration failure or even damage to dental tissues. Objective: To determine the influence of universal adhesive systems on the microtensile strength of composite resins. Materials and methods: A literature search was conducted in English, Portuguese, and Spanish to identify publications on the effect of universal adhesive systems on microtensile strength. Seven databases, including Medline (PubMed), DOAJ: Directory of Open Access Journals, Scopus, SciELO, and BBO (Brazilian Dental Library), were examined. After applying exclusion criteria, a final selection of articles was analyzed for results. Conclusions: Universal adhesive systems positively impact the strength of composite resin restorations in microtensile tests, providing long-term bonding and allowing clinicians to optimize working time.

Keywords: universal adhesive systems, microtensile strength, composite resins, adhesive strength.



INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas, también llamadas composites, son materiales artificiales constituidos por elementos heterogéneos, entre ellos: la matriz orgánica que se encuentra conformada por monómeros de dimetacrilato alifático como UDMA, TEGDMA y Bis-GMA; las partículas de relleno inorgánico, principalmente partículas de sílice coloidal; el agente de unión representado por el silano; el sistema activador o iniciador que puede ser de autocurado, cuando se mezcla químicamente el acelerador (amina terciaria) con el iniciador (peróxido de benzoilo y amina aromática), de fotocurado que inicia la reacción cuando las naftoquinonas o dicetonas son excitadas por luz de una determinada longitud de onda, o dual, que puede ser polimerizado químicamente o con activación mediante luz, se presentan en un cartucho de doble cámara o en una jeringa con cánulas de autocombinación; por último, los pigmentos e inhibidores de la polimerización.^{1,2,3,4}

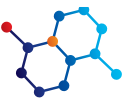
La incorporación de las resinas compuestas en el área de odontología data en el año de 1962, que con el fin de minimizar los defectos de las resinas acrílicas y de los cementos de silicatos, Raphael L. Bowen⁵, incorporó el uso de un monómero metacrilato denominado Bis-GMA (Bisfenol Glicidil metacrilato), que mejoró las propiedades físicas de los composites al permitir la formación de polímeros en cadenas lineales únicas, generando una mayor estabilidad estructural y de color, siendo así, una destacada opción de material estético disponible^{6, 7}. Las primeras resinas compuestas realizadas en laboratorio, resultaron poseer un módulo de ruptura bajo y una resistencia escasa al desgaste, esto debido al bajo contenido de moléculas inorgánicas. Posteriormente en el año de 1990, se inauguró en el mercado las resinas compuestas de segunda promoción, que poseían modificaciones significativas en la composición y el proceso de fotocurado, siendo más complejo pero eficaz, permitiendo así su uso en la fabricación de restauraciones inlays, onlays y coronas totales⁷. Actualmente, existen muchos tipos de resinas compuestas, diferenciadas principalmente por 3 factores importantes: Primero, el tamaño de las partículas presentes en la fórmula, estas pueden ser de macrorrelleno, microrrelleno, nanopartículas, híbridas, microhíbridas y nanohíbridas. En segundo lugar, por el grado de viscosidad categorizadas en baja viscosidad o fluidas y de alta viscosidad. Por último, en tercer lugar, dependiendo del sistema de polimerización como son de autocurado, fotocurado y duales⁸. Las resinas compuestas, además de brindar restauraciones que se asemejan al color de la pieza dental, permiten que la reconstitución de la estructura dentaria se realice de manera conservadora, cumpliendo así con el objetivo principal de la odontología moderna, preservando la estructura dentaria con el uso de materiales y técnicas de restauración capaces de imitar a los dientes naturales^{9, 10}.

Las resinas compuestas al presentar un gran módulo de rigidez y resiliencia poseen propiedades mecánicas similares a las del tejido dentario, convirtiéndose en un material idóneo para restauración, con una buena relación tensión - deformación, sin embargo, la longevidad y éxito de las restauraciones no solo depende de los materiales utilizados, sino también del protocolo ejecutado durante su adhesión, pues los sistemas adhesivos al poseer un conjunto de materiales que facilitan la preparación de la estructura dentaria para mejorar el sustrato y aumentar la ad-

hesión química y micromecánica, permiten la correcta unión del material de restauración; es por eso que se lo denomina sistema, puesto que, se trata de un protocolo de desgaste en la superficie del esmalte, con el fin de aumentar la adhesión del material con el diente¹¹.

La historia de los adhesivos dentales se remonta a 1949, cuando el Dr. Hagger patentó el primer adhesivo dental que se adhería únicamente a la dentina⁴. En 1954, Buonocore realizó exitosos experimentos de adhesión en esmalte, utilizando el grabado ácido para lograr una unión entre el esmalte dental y el material de obturación. A pesar de los avances en las fórmulas de los adhesivos, la fuerza de adhesión seguía siendo regular. Fue entonces en 1962 cuando Raphael Bowen desarrolló las resinas compuestas a base de BisGMA, que se logró una resistencia adhesiva significativa; debido al mayor peso molecular de este monómero, se podían formar uniones biomecánicas o quimiomecánicas muy efectivas sobre el esmalte dental grabado⁵.

La capacidad de adhesión de los sistemas adhesivos se ve comprometida por diversos factores que incluyen la composición del mismo, generalmente estos sistemas se encuentran compuestos por: Resinas Hidrofílicas, como PENTA, BPDM, TEGDMA, 4-META, que permiten la unión de la dentina húmeda en la capa híbrida formando "tags"¹²; Resinas Hidrofóbicas, como BISGMA o UDMA, que se encargan de conseguir una correcta unión con la resina compuesta y que la capa del adhesivo posea un grosor adecuado para resistir el estrés dado en la interfase resina - dentina^{13,14}; Activadores, como la Canforoquinona o el PPD, con la función de iniciar la reacción de polimerización y por último el Vehículo, usado principalmente para lograr una correcta adhesión y formación de la capa híbrida; los principales vehículos son el agua, etanol, alcohol y acetona¹⁵. De igual manera, otro factor importante que incide en el protocolo de adhesión, es el uso y una adecuada cognición de las diversas categorías comerciales de los sistemas adhesivos, que, por motivos de uso didáctico, han sido clasificados por generaciones y según el número de pasos clínicos. La clasificación por generaciones hace referencia a las diversas presentaciones comerciales que se han desarrollado con el tiempo. La primera generación fue publicada por Buonocore en 1956, consistía en el uso de 3 componentes: ácido, primer y adhesivo; ofrecían una alta resistencia en el esmalte, pero débil adherencia a la dentina, inferior a 3 MPa¹⁶. La segunda generación agregó en su fórmula fosfatos polimerizables que formaban enlaces iónicos entre los grupos de calcio y clorofosfato, pero estos al ser sumergidos en un medio húmedo, provocaban microfiltraciones y por consiguiente una fuerza de unión débil¹⁷. La tercera generación se desarrolló a finales de 1970, con un cambio innovador, la incorporación de un sistema de dos componentes primer - adhesivo; fueron los primeros en adherirse a materiales como metales y cerámicas dentales. La primera, segunda y tercera generación mostraron ser materiales hidrofóbicos, que, a pesar de tener una buena resistencia en el esmalte, su desempeño en la dentina era deficiente debido a su naturaleza húmeda, por lo mencionado, estas generaciones se han quedado en desuso y son inusualmente mencionadas^{16,17}. La cuarta generación fue introducida a inicios de los años 90, se caracteriza por la hibridación proceso en el que se da un reemplazo de la hidroxiapatita por resina combinada con fibras de colágeno que forman una capa híbrida en la dentina intratubular aumentando así la resistencia a la adhesión. Esta generación ya



presentaba una fuerza de adhesión a la dentina significativa, no obstante, su aplicación era lenta al estar conformado de 3 pasos (grabador, primer y bonding), por lo que, se creó la quinta generación en la cual se juntó en un solo envase el primer con el adhesivo, dando así solo dos pasos de aplicación. A inicios de los años 2000 se elaboró la sexta generación que no requería de grabado previo por lo que se los denominó como autograbantes¹⁶; esta generación consiste solo de dos pasos, ya que en un solo envase se unió al grabador con el primer. Posteriormente con la séptima generación se desarrolló los all in one, en donde en un solo envase se encuentra el grabador, el primer y el bonding, estos son lo menos populares al momento de seleccionar un sistema adhesivo por parte de los profesionales, debido a que han demostrado ser menos eficaces que los de grabado y lavado. Por último, los adhesivos Universales (AU) de octava generación¹⁶; o también conocidos como adhesivos “multimodo” o “multipropósito” porque se pueden usar como adhesivos de autograbado, adhesivos de grabado y enjuague, o como adhesivos de grabado selectivo (Figura 1).

Finalmente, otro aspecto a considerar en el proceso de adhesión, es la capacidad de ciertos adhesivos para resistir los fracasos de adhesión por fallos adhesivos (en la interfase); fallos cohesivos (dentro de la estructura del material o sustrato); y por fallos mixtos, que hace referencia a una situación donde ocurren los dos fallos simultáneamente¹⁸. Dado que el fallo del mecanismo de unión es un problema muy frecuente, es lógico que se hayan desarrollado métodos que evalúen la resistencia de estos sistemas de adhesión tales como las pruebas de resistencia de unión que involucran microcizallamiento y microtracción. La prueba de resistencia de la unión adhesiva a la microtracción se ha empleado en muchas investigaciones desde las primeras etapas de los estudios de adhesión¹⁹, aunque requerían matrices de prueba especiales y procedimientos meticulosos, el ensayo de resistencia a la adhesión por cizallamiento era más fácil de aplicar en

comparación con el ensayo de resistencia por tracción. Durante la década de 1980, los ensayos de adhesión utilizando los modos mencionados eran ideales para evaluar los nuevos sistemas adhesivos disponibles y junto con la introducción del primer para la adhesión 20, los valores de resistencia de la unión ensayados aumentaron, siendo medidos en rangos de aproximadamente 18-20 MPa, mientras que los fracasos adhesivos eran considerados aquellos valores inferiores a 10 MPa^{19,20}. Tomando en cuenta lo mencionado este proyecto fue diseñado para determinar la influencia de los sistemas adhesivos universales sobre la resistencia a los ensayos de microtracción en resinas compuestas, cuya hipótesis es que los sistemas adhesivos universales influyen positivamente en la resistencia a la fatiga.

MATERIALES Y MÉTODOS

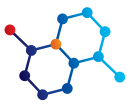
Se realizó una revisión de literatura para identificar y analizar la evidencia disponible sobre la influencia de los sistemas adhesivos universales en la resistencia a la microtracción. Se desarrolló una búsqueda de evidencia en las bases de datos: Pubmed/Medline, Science Direct (Scopus), BBO (Biblioteca Brasileira de Odontología), DOAJ y Scielo, desde el 2013 hasta mayo del 2023, con la utilización de operadores booleanos y diferentes keywords. Para la selección de los artículos se tomaron en cuenta los siguientes criterios de inclusión: Estudios experimentales in vitro; Estudios que asocien el arenado y el grado de adhesión logrado; Estudios en los cuales los resultados sean medidos en Megapascales; Estudios en los que se evalúen los resultados con pruebas de microtracción; Revisiones de la literatura, revisiones sistemáticas y otras síntesis de evidencia.

Después de buscar en las bases de datos identificadas, el primer filtro fue evaluar todos los artículos individualmente según el título y el resumen, luego descartando aquellos que no estaban relacionados con el tema. En el segundo filtro, se realizó un análisis

CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ADHESIVOS



Figura 1. Clasificación actual de los sistemas adhesivos



sis de texto completo de los artículos seleccionados previamente (Figura.2).

REVISIÓN DE LITERATURA

Un adhesivo universal se puede describir como un material que idealmente viene en un solo envase, no requiere mezcla previa y tiene una calidad adecuada para ser utilizado bajo modos de grabado - lavado o de autograbado. Este último, actúa por medio de monómeros ácidos que graban e impriman al mismo tiempo la superficie dentaria, disolviendo el barrido dentinario y desmineralizando parcialmente los tejidos dentarios, su principal ventaja es que son fáciles de aplicar, además de no requerir limpieza superficial, solo necesitan secarse antes de fotopolimerizar para asegurar una distribución uniforme del producto ²¹. Los sistemas adhesivos universales, son versátiles y se pueden utilizar en restauraciones directas e indirectas y son compatibles con cementos autopolimerizables, fotopolimerizables y duales. Algunos fabricantes afirman que estos nuevos compuestos se pueden usar en combinación con otros elementos para proporcionar enlaces duraderos y resistentes ¹⁶. Depende de la exigencia clínica y prioridades personales del operador la selección del tipo de adhesivo universal a ser utilizado.

Restauraciones directas

El efecto de los adhesivos universales sobre la resistencia a la microtracción está directamente relacionado con su estructura, que es bastante diferente de los adhesivos convencionales, ya que la adición de monómeros de carboxilato (metacrilato de hidroxidilfosfato, MDP) y fosfatos específicos afecta directamente al mecanismo de adhesión, lo que provoca una fuerte interacción química con la hidroxiapatita, seguida de la formación de sales de calcio MDP ^{22,23,24}. Nakajima et al. citó que un factor importante que afecta la resistencia del sistema de adhesión es el MDP, ya que proporciona una mayor resistencia de unión como de degradación y vida útil de la adhesión. Además, varios estudios han informado sobre la formación de una "nanocapa" entre el 10-MDP y la estructura dental, que es un componente clave de la interfaz de unión, lo que contribuye a prolongar el tiempo de adhesión y la resistencia a la microtracción mediante una zona de nanointeracción ^{22,24,25,26}. No obstante, la concentración de 10-MDP varía entre los diversos adhesivos universales, lo que influye directamente en la fuerza de unión del adhesivo. Desafortunadamente, debido a la confidencialidad de las formulaciones adhesi-

vas, es casi imposible determinar el grado exacto en que el contenido de MDP de un adhesivo afecta la resistencia a la fatiga ²⁷.

Restauraciones indirectas

El proceso adhesivo en composites es muy directo; la superficie se desgasta, cuando el adhesivo se emplea, formando una adhesión química entre las moléculas de metacrilato de la resina y el adhesivo, pero dada la naturaleza ácida de los adhesivos, se produce un curso de interacción química llamado protonación (adición de H+) en los sistemas iniciadores, provocando un efecto retardante en los mecanismos de autocurado del composite impidiendo que la interfase entre el adhesivo y resina se polimerice completamente, dando como resultado fuerzas de adhesión deficientes ²⁸. A causa de lo mencionado los sistemas adhesivos universales introdujeron activadores de autopolimerización o de polimerización dual que, cuando se combinan con el sistema adhesivo proporcionan una mejor polimerización en la interfaz, lo que resulta en mayor fuerza de unión y resistencia a la microtracción. Además, los adhesivos universales al contener 10-MDP permiten formar enlaces químicos con varias superficies, incluida la resina compuesta ^{29,30}.

Diferentes estrategias de adhesión de los sistemas adhesivos Universales

Los adhesivos universales pueden ser utilizados de diferentes maneras como de grabado y lavado o el modo autograbado, pero cuál de estos protocolos tiene un impacto positivo en la resistencia a la microtracción, es una de las preguntas que los profesionales se hacen constantemente; muchos estudios in vitro, han demostrado que los adhesivos universales tanto de autograbado como de grabado y lavado, tienen un rendimiento excelente después de la unión inmediata del adhesivo a la resina compuesta; no obstante, esta unión disminuye debido al envejecimiento propio de la restauración ³¹. Aunque los nuevos sistemas de adhesivos han mejorado significativamente, la interfaz adherida sigue siendo el área con más problemas en las restauraciones resinosas; Huan et al. luego de realizar un metaanálisis de los diferentes modos de uso de los adhesivos universales en restauraciones envejecidas in vitro, reportaron en su informe que no existe una diferencia representativa entre la fuerza de unión generada por el método de autograbado y el modo de grabado y lavado. Sin embargo, indica que, aunque no hay discrepancia significativa, es más fácil utilizar el modo de autograbado para optimizar el tiempo y el rendimiento de la unión a largo plazo ³².



Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología



Componentes adicionales al sistema adhesivo

• Sistema adhesivo universal + Silano

El silano es recomendado en restauraciones indirectas sobre resinas envejecidas con el fin de mejorar la capacidad de adhesión entre la cerámica a base de sílice y la resina gracias a la existencia de grupos hidroxilo y grupos funcionales en el silano, que se unen respectivamente a la sílice y a la resina actuando como promotores de la adhesión y, por ende, también aumentando la humectabilidad y la resistencia de la unión³³. En estudios realizados por Mamanee et al. se menciona que uno de los dos grupos funcionales del silano, se une a la parte de metacrilato del adhesivo universal y a los monómeros no polimerizados, y el otro, el grupo hidroxilo, se une al relleno expuesto. La reacción química del silano con ambos, el relleno expuesto y el adhesivo, induce un aumento de la resistencia a la microtracción y conduce a un efecto de refuerzo en la reparación de la resina³⁴. Chen et al. En su informe experimental concluyó que efectivamente la colocación de silano posterior al adhesivo universal genera mayor resistencia a las fallas adhesivas; sin embargo, estas no varían significativamente como la ausencia de este paso³⁵.

Sistema adhesivo universal + clorhexidina

La degradación enzimática de la matriz de colágeno por enzimas derivadas del huésped juega un papel importante en la interrupción de la interfaz adhesiva, dando como resultado una pérdida de adhesión del composite, mediada por una disminución significativa en la resistencia a la microtracción. Para evitar la degradación de la enzima y preservar la capa híbrida, los investigadores utilizaron inhibidores de MMP (matriz de metaloproteinasas) como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), el cloruro de benzalconio y la clorhexidina durante la aplicación del adhesivo^{36,37}. Aunque se han estudiado estos inhibidores de enzimas, su efecto sobre la fuerza de unión de los adhesivos universales sigue sin estar claro.

En 2016, Neslihan informó en su estudio experimental que el uso de clorhexidina aumentó la fuerza de unión de los sistemas adhesivos universales³⁶; Rayar et al. apoyó este informe y concluyó en su ensayo que el gluconato de clorhexidina al 2% mejora la resistencia de adhesión en los ensayos de microtracción al mantener la fuerza de la interfaz adhesiva, pero esta afirmación aún es debatida^{38,39}. En contraste, Shadman concluyó en su investigación que la clorhexidina no tuvo efecto alguno sobre la fuerza de unión a la microtracción cuando se usaron varios tipos y métodos de adhesivos universales. Además, Fernández mencionó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos que recibieron clorhexidina y los que no^{40,41,42,43}.

• Sistema adhesivo universal + Quitosano

Otro inhibidor enzimático es el quitosano, que, al igual que la clorhexidina, actúa como un inhibidor no específico de MMP cambiando la estructura tridimensional de estas enzimas y secuestrando iones metálicos como el calcio y el zinc, que son necesarios para activar la función de la enzima MMP^{44,45}. Por lo tanto, además de competir con el efecto del MDP en los adhesivos universales, la quelación del ión calcio en la matriz dentinaria también puede ser responsable de reducir la disponibilidad de este componente en el barrillo dentinario⁴⁵. Con base en lo mencionado, se desarrollaron nuevas estrategias de unión en las que se combina quitosano con un adhesivo universal en restauraciones de resina compuesta. Sin embargo, a pesar de tener efectos similares a la clorhexidina, se ha demostrado que este biopolímero es menos efectivo. Dacoreggio et al. mencionaron en su estudio que la estabilidad coloidal cambió cuando se incor-

poró quitosano en el sistema adhesivo, pero no hubo diferencia en la fuerza de adhesión a la dentina en el tiempo inmediato, independientemente de la estrategia de unión (convencional o de autograbado)⁴⁶. Stenhagen et al. y Machado et al. tampoco encontraron cambios significativos en la fuerza de unión al incorporar quitosano en adhesivos experimentales^{47,48}. Sin embargo, los resultados han sido diferentes después de 6 meses post colocación, cuando se incorporó quitosano al sistema adhesivo universal y se aplicó a la estrategia de grabado total, la fuerza de unión disminuyó con el tiempo. La adición de quitosano al 0,5% contribuye a la inestabilidad de la solución, lo que afecta negativamente a la resistencia a la microtracción⁴⁶.

DISCUSIÓN

El desempeño de los sistemas adhesivos universales evaluados en esta revisión de literatura dependía de tres aspectos importantes: primero, si la restauración con resina es directa o indirecta; en segundo lugar, el modo de sistema de unión, ya sea grabado y lavado o autograbado, y, en tercer lugar, los componentes adicionales que se añaden en las distintas presentaciones comerciales.

Los estudios in vitro analizados en los que se comparaba el modo de adhesión, llegaban a la misma conclusión, que el enfoque de grabado/enjuague y de autograbado diferían dependiendo del tipo de tejido natural al que se lo va aplicar. Mencionando que el grabado del esmalte previo a la colocación del sistema adhesivo universal, aumenta la fuerza de unión notablemente en comparación con el modo autograbante⁴⁹; por otro lado, el uso de grabado previo en la dentina no difiere significativamente con el uso único del adhesivo autograbante^{32,50,51,52}. Estos acontecimientos se dan debido a la divergente estructura de los tejidos dentarios; pues en la dentina, al ser un medio húmedo, este proceso se da mediante la hibridación e implica la formación de la capa híbrida, acontecimiento que es logrado por el modo autograbante, dado que este contiene monómeros funcionales específicos, como 10-MDP, 4-MET, grupos carboxilo y fosfato, que al combinarse con iones de calcio de la Hidroxiapatita pueden crear enlaces químicos satisfactorios con la dentina, formando así una interfaz dentina-adhesivo con propiedades adhesivas relativamente estables. Mientras que, en el esmalte dentario, se produce por la fijación micromecánica de los adhesivos en la superficie grabada, a través de la desmineralización de los sustratos prismáticos y aprismáticos, creando así microporosidades de retención apropiadas³², procedimiento que hasta el momento es logrado solo con la aplicación del grabado ácido antes del agente adhesivo⁴⁹.

En pocas palabras, los mecanismos generales para la unión adhesiva al esmalte y la dentina se fundamentan esencialmente en la desmineralización superficial, seguida de la introducción de monómeros de resina, que al ser polimerizadas se enlazan micromecánicamente en las porosidades previamente creadas⁵³. Adicionalmente, los sistemas de autograbado contienen moléculas monoméricas con grupos ácidos carboxilato o fosfato que actúan al mismo tiempo como acondicionadores (desmineralización de la superficie) y agentes primarios (monómeros de resina que penetran en la dentina) sobre los sustratos dentales⁵⁴. Con respecto a los componentes adicionales, estos son añadidos principalmente con el objetivo de aumentar la retención micromecánica como es el caso del silano, pero como se mencionó



ya en el artículo, existen ciertos componentes como la clorhexidina y el quitosano que aún se encuentran en investigación debido a los resultados contradictorios encontrados en los ensayos. No obstante, esto no significa que su aplicación sea negativa, sino más bien, que es discutible y se necesita de más investigación al respecto.

En cuanto a la calidad de las investigaciones incluidas en este estudio todas tenían un riesgo de sesgo medio bajo, y eran ensayos en su totalidad *in vitro*, por tal motivo, su efecto en la práctica auténtica puede diferir debido a las situaciones clínicas como tensiones masticatorias, pH, temperatura y el ambiente húmedo que posee la cavidad bucal. Para simular el ambiente oral algunos estudios optaron por la preparación de las muestras en un medio similar, como es el uso de suero fisiológico que permite mantener a los modelos de estudio en un medio húmedo³². Es importante recalcar que aún faltan investigaciones sobre el almacenamiento a largo plazo y la fatiga térmica en el análisis de las fuerzas de unión de los sistemas adhesivos universales, lo cual también influye en el comportamiento clínico, puesto que se ha demostrado que con el pasar del tiempo la capa híbrida creada por los adhesivos puede degradarse en un tiempo de 6 meses a 5 años manifestando una pérdida de las fibrillas de colágeno, que aumenta la captación del agua y por ende una pérdida de adhesión⁴⁶.

CONCLUSIÓN

La introducción de los sistemas adhesivos universales en el ámbito odontológico ha posibilitado el cumplimiento de los objetivos de la odontología moderna conservadora. La selección del tipo de adhesivo a utilizar dependerá del tejido dental a tratar, ya que los adhesivos universales de autograbado en el esmalte no han logrado demostrar una fuerza de adhesión superior a la técnica mixta que implica grabado previo y aplicación posterior del adhesivo. Por el contrario, en el caso de la dentina, se ha reportado que el modo de adhesión no parece tener un impacto significativo en la fuerza de unión, a pesar de lo mencionado, se sigue recomendando realizar un grabado selectivo previo al uso del adhesivo universal. Además, ciertas estrategias complementarias utilizadas con estos adhesivos en el modo de autograbado, como la incorporación de clorhexidina, silano y quitosano, todavía se encuentran en fase de investigación, lo que significa que sus resultados pueden variar y, en algunos casos, ser desfavorables. En última instancia, la selección del tipo de adhesivo universal a utilizar también dependerá de las exigencias clínicas y las preferencias personales del odontólogo. Es importante considerar las características y propiedades de cada adhesivo, así como las indicaciones específicas para cada tipo de restauración.

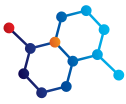
CONSIDERACIONES FINALES

En consecuencia, de la diversa información encontrada en esta investigación, se recomienda realizar una revisión sistemática acerca del efecto de la clorhexidina y el quitosano sobre la fuerza de unión de las restauraciones compuestas durante las pruebas de microtracción.



REFERENCIAS

1. Yadav R, Lee H, Lee J-H, Singh RK, Lee H-H. A comprehensive review: Physical, mechanical, and tribological characterization of dental resin composite materials. *Tribol Int* [Internet]. 2023;179(108102):108102. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301679X22006739>
2. Cho K, Rajan G, Farrar P, Prentice L, Prusty BG. Dental resin composites: A review on materials to product realizations. *Compos B Eng* [Internet]. 2022;230(109495):109495. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109495>
3. Aminoroaya A, Neisiany RE, Khorasani SN, Panahi P, Das O, Madry H, et al. A review of dental composites: Challenges, chemistry aspects, filler influences, and future insights. *Compos B Eng* [Internet]. 2021;216(108852):108852. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.108852>
4. Malaquias P, Gutiérrez MF, Sutil E, Matos T de P, Hanzen TA, Reis A, et al. Universal adhesives and dual-cured core buildup composite material: adhesive properties. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2020;28:e20200121. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757-2020-0121>
5. Sanchez CC, Michael G. Buonocore, padre de la odontología adhesiva moderna, 63 años del desarrollo de la técnica del grabado del esmalte (1955-2018). *Rev ADM* [Internet]. 2018 [citado el 26 de junio de 2023];75(3):135-42. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=80352>
6. Vaca Altamirano G, Mena Silva P, Armijos Briones M. La resina Bulk Fill como material innovador. Revisión bibliográfica. *Dilemas contemp: educ política valores* [Internet]. 2021; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2746>
7. Moradas Estrada M, Álvarez López B. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Av Odontoesmatol* [Internet]. 2017 [citado el 5 de abril de 2023];33(6):261-72. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852017000600002
8. Riva YR, Rahman SF. Dental composite resin: A review. En: *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing; 2019.
9. Çelik E, Şahin SC, Dede DÖ. Effect of surface treatments on the bond strength of indirect resin composite to resin matrix ceramics. *J Adv Prosthodont* [Internet]. 2019;11(4):223-31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4047/jap.2019.11.4.223>
10. Kay Khine PP, Tichy A, Abdou A, Hosaka K, Sumi Y, Tagami J, et al. Influence of silane pretreatment and warm air-drying on long-term composite adaptation to lithium disilicate ceramic. *Crystals* (Basel) [Internet]. 2021;11(2):86. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/cryst11020086>
11. Ramos Sánchez G, Calvo Ramírez N, Fierro Medina R. Conventional dentin bonding. Difficulties and progress in the technique. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* [Internet]. 2015 [citado el 26 de junio de 2023];26(2):468-86. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-246X2015000100013
12. Moradas Estrada M, Álvarez López B. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Av Odontoesmatol* [Internet]. 2017 [citado el 29 de enero de 2023];33(6):261-72. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852017000600002
13. Adhesivos S, Capa H. REVISIÓN DE LITERATURA/REVISION OF LITERATURE [Internet]. *Rodyb.com*. [citado el 27 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.rodycb.com/wpcontent/uploads/2013/02/sistemas-adhesivos.pdf>
14. Mandri MN, Aguirre Grabre de Prieto A, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Odontoesmatología* [Internet]. 2015 [citado el 27 de mayo de 2023];17(26):50-6. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392015000200006
15. Van Meerbeek, B., & Yoshihara, K. (2014). Clinical recipe for durable dental bonding: why and how? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 16(1), 94. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a31652>
16. Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)* [Internet]. 2017;8(1):1. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.11138/ads/2017.8.1.001>
17. Mandri MN, Aguirre Grabre de Prieto A, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Odontoesmatología* [Internet]. 2015 [citado el 26 de junio de 2023];17(26):50-6. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392015000200006
18. Mendoza Rodríguez FA, Rosero Mendoza JC, Rosero Mendoza JI. Fallos de adhesivos dentinarios, las causas determinantes. Una revisión de la literatura. *RECIAMUC* [Internet]. 2020;4(1):127-35. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(1\).enero.2020.127-135](http://dx.doi.org/10.26820/reciamuc/4.(1).enero.2020.127-135)
19. 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* [Internet]. 2020;56(1):24-31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdsr.2019.10.001>
20. Perdigão J. Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion - not there yet. *Jpn Dent Sci Rev* [Internet]. 2020;56(1):190-207. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.08.004>
21. Mendoza Rodríguez FA, Rosero Mendoza JC, Rosero Mendoza JI. Fallos de adhesivos dentinarios, las causas determinantes. Una revisión de la literatura. *RECIAMUC* [Internet]. 2020;4(1):127-35. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(1\).enero.2020.127-135](http://dx.doi.org/10.26820/reciamuc/4.(1).enero.2020.127-135)
22. Kim B-N, Son S-A, Park J-K. Effect of exclusive primer and adhesive on microtensile bond strength of self-adhesive resin cement to dentin. *Materials* (Basel) [Internet]. 2020;13(10):2353. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ma13102353>
23. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)* [Internet]. 2017;8(1):1-17. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.11138/ads/2017.8.1.001>
24. Moncada G, García Fonseca R, de Oliveira OB, Fernández E, Martín J, Vildósola P. Rol del 10-metacrilóxidoecilfosfato dihidrogenado en el cambio de paradigma de los sistemas adhesivos integrados en la dentina. *Rev clín periodoncia implantol rehabil oral* [Internet]. 2014;7(3):194-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.piro.2014.09.008>
25. Fujita (Nakajima) K, Nikaido T, Francis Burrow M, Iwasaki T, Tanimoto Y, Hirayama S, et al. Effect of the demineralisation efficacy of MDP utilized on the bonding performance of MDP-based all-in-one adhesives. *J Dent* [Internet]. 2018;77:59-65. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2018.07.009>
26. García Terra A. Efecto del pretratamiento con clorhexidina en la resistencia de unión a dentina desmineralizada. 2022 [citado el 26 de junio de 2023]; Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/34219>



27. Stape THS, Tulkki O, Salim IA, Jamal KN, Mutluay MM, Tezvergil-Mutluay A. Composite repair: On the fatigue strength of universal adhesives. *Dent Mater* [Internet]. 2022;38(2):231–41. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564121003341>
28. Multimedia.3m.com. [citado el 7 de junio de 2023]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/9229110/tp-sbu.pdf>
29. Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. 10-MDP based dental adhesives: Adhesive interface characterization and adhesive stability-A systematic review. *Materials (Basel)* [Internet]. 2019;12(5):790. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ma12050790>
30. Altinci P, Mutluay M, Tezvergil-Mutluay A. Repair bond strength of nanohybrid composite resins with a universal adhesive. *Acta Biomater Odontol Scand* [Internet]. 2018;4(1):10–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/23337931.2017.1412262>
31. Şişmanoğlu S, Gürcan AT, Yıldırım-Bilmez Z, Turunç-Oğuzman R, Gümüştaş B. Effect of surface treatments and universal adhesive application on the microshear bond strength of CAD/CAM materials. *J Adv Prosthodont* [Internet]. 2020;12(1):22–32. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4047/jap.2020.12.1.22>
32. Chen H, Feng S, Jin Y, Hou Y, Zhu S. Comparison of bond strength of universal adhesives using different etching modes: A systematic review and meta-analysis. *Dent Mater J* [Internet]. 2022;41(1):1–10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4012/dmj.2021-111>
33. Kameyama A, Haruyama A, Tanaka A, Noro A, Takahashi T, Yoshinari M, et al. Repair bond strength of a resin composite to plasma-treated or UV-irradiated CAD/CAM ceramic surface. *Coatings* [Internet]. 2018;8(7):230. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/coatings8070230>
34. Mamanee T, Takahashi M, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Initial and long-term bond strengths of one-step self-etch adhesives with silane coupling agent to enamel-dentin-composite in combined situation. *Dent Mater J* [Internet]. 2015;34(5):663–70. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4012/dmj.2015-050>
35. Chen K-K, Chen J-H, Wu J-H, Du J-K. Influence of commercial adhesive with/without silane on the bond strength of resin-based composite repaired within twenty-four hours. *J Dent Sci* [Internet]. 2021;16(3):877–84. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2020.12.008>
36. Tekçe N, Tuncer S, Demirci M, Balci S. Do matrix metalloproteinase inhibitors improve the bond durability of universal dental adhesives?: Matrix metalloproteinase inhibitors. *Scanning* [Internet]. 2016;38(6):535–44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/sca.21293>
37. Da Rosa LS, Follak AC, Lenzi TL, Rocha R de O, Soares FZM. Phosphoric acid containing chlorhexidine compromises bonding of universal adhesive. *J Adhes Dent* [Internet]. 2018;20(3):243–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3290/j.jad.a40631>
38. Rayar S, Sadasiva K, Singh P, Thomas P, Senthilkumar K, Jayasimharaj U. Effect of 2% chlorhexidine on resin bond strength and mode of failure using two different adhesives on dentin: An in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci* [Internet]. 2019;11(6):325. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_23_19
39. Giacomini MC, Scaffa PMC, Gonçalves RS, Zabeu GS, Vidal C de MP, Carrilho MR de O, et al. Profile of a 10-MDP-based universal adhesive system associated with chlorhexidine: Dentin bond strength and in situ zymography performance. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2020;110(103925):103925. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103925>
40. Shadman N, Farzin-Ebrahimi S, Mortazavi-Lahijani E, Jalali Z. Effect of chlorhexidine on the durability of a new universal adhesive system. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2018;10(9):e921–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4317/jced.53794>
41. Fernandes GL, Strazzi-Sahyon HB, Suzuki TYU, Briso ALF, Dos Santos PH. Influence of chlorhexidine gluconate on the immediate bond strength of a universal adhesive system on dentine subjected to different bonding protocols: An in vitro pilot study. *Oral Health Prev Dent* [Internet]. 2020;18(1):71–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3290/j.ohpd.a43934>
42. Bin-Shuwaish MS, AlHussaini AA, AlHudaithy LH, AlDukhiel SA, Al-Jamhan AS. An in vitro evaluation of microleakage of resin based composites bonded to chlorhexidine-pretreated dentin by different protocols of a universal adhesive system. *Saudi Dent J* [Internet]. 2021;33(7):503–10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.09.006>
43. Kaczor-Wiankowska K, Lipa S, Krasowski M, Sokółowski J, Lewusz-Butkiewicz K, Nowicka A. Evaluation of gap formation at the composite resin-tooth interface after using universal adhesives: In vitro SEM study using the replica technique. *Microsc Res Tech* [Internet]. 2020;83(2):176–85. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/jemt.23400>
44. Matos AB, Trevelin LT, Silva BTF da, Francisconi-Dos-Rios LF, Siriani LK, Cardoso MV. Bonding efficiency and durability: current possibilities. *Braz Oral Res* [Internet]. 2017;31(suppl 1):e57. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0057>
45. Pereira Prado V, Asquino N, Apellaniz D, Bueno Rossy L, Tapia G, Bologna Molina R. Metaloproteinasas de la matriz extracelular (mmps) en Odontología. *Odontoestomatología* [Internet]. 2016 [citado el 26 de junio de 2023];18(28):20–9. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-93392016000200004
46. iDacoreggio R, Coser Bridi E, Tarkany Basting R, Barros Tenuti JG, Gomes França FM, Pedrosa Turssi C, et al. Incorporation of chitosan into a universal adhesive system: Physicochemical characteristics, gelatinolytic activity, bond strength and interface micromorphology analyses. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2021;106(102814):102814. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jadhadh.2021.102814>
47. Stenhagen ISR, Rukke HV, Dragland IS, Kopperud HM. Effect of methacrylated chitosan incorporated in experimental composite and adhesive on mechanical properties and biofilm formation. *Eur J Oral Sci* [Internet]. 2019;127(1):81–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/eos.12584>
48. Machado AHS, Garcia IM, Motta A de S da, Leitune VCB, Collares FM. Triclosan-loaded chitosan as antibacterial agent for adhesive resin. *J Dent* [Internet]. 2019;83:33–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2019.02.002>
49. Pouyanfar H, Tabaii ES, Aghazadeh S, Nobari SPTN, Imani MM. Microtensile bond strength of composite to enamel using universal adhesive with/without acid etching compared to etch and rinse and self-etch bonding agents. *Open Access Maced J Med Sci* [Internet]. 2018;6(11):2186–92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3889/oamjms.2018.427>
50. Durmuslar S, Ölmez A. Microtensile bond strength and failure modes of flowable composites on primary dentin with application of different adhesive strategies. *Contemp Clin Dent* [Internet]. 2017;8(3):373. Disponible en: http://dx.doi.org/10.4103/ccd.ccd_310_17
51. Pinto G, Prieto L, Pierote J-J, Ferraz L, Câmara J-V, Aguiar F-H. Effect of different adhesive strategies on the microtensile bond strength of dentin to indirect resin-based composite. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2020;12(11):e1066–70. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4317/jced.57094>



- 52.** Meda EM, Rached RN, Ignácio SA, Fornazari IA, Souza EM. Effect of different adhesive strategies and time on microtensile bond strength of a CAD/CAM composite to dentin. *Oper Dent* [Internet]. 2019;44(3):262–72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2341/17-338-L>
- 53.** Pan Y, Xu J, Cai X, Li X, Wang X. Effect of a novel pretreatment on the microtensile bond strength of universal adhesives with dentin. *J Dent Sci* [Internet]. 2023;18(3):1148–55. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2022.10.029>
- 54.** Rosa WL de O da, Piva E, Silva AF da. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* [Internet]. 2015;43(7):765–76. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2015.04.003>