

ACTUALIZACIÓN TEÓRICO CLÍNICA DE LAS FALLAS EN LOS ADHESIVOS DENTALES: REVISIÓN NARRATIVA

* Doctor Efraín López Camargo

** Doctora Karen Pérez Martínez

*** Doctora Luisa Fernanda Montaña Ortega

Resumen

Antecedentes: Las fallas adhesivas en la interfase de adhesión diente restauración, son uno de los problemas más frecuente en el ámbito odontológico, debido a esto muchos autores han centrado su interés en evaluar las causas de dichas fallas a través de diferentes investigaciones.

Objetivo: El objetivo general del artículo científico es identificar las fallas en adhesión dental y la asociación con las respectivas técnicas a partir de una revisión narrativa.

Métodos: Se desarrolló la selección de los artículos del estudio, de acuerdo con tres bases de datos: Pubmed, Science Direct, MedLine; teniendo en cuenta palabras claves, el periodo comprendido entre 2010 al 2018 y realizando la elección de documentos con base en las matrices STROBE y CONSORT.

Resultados: Las fallas adhesivas a nivel dentinal encontradas fueron: polimerización subóptima, adhesivas y cohesivas. Las fallas adhesivas a nivel de esmalte encontradas fueron: polimerización subóptima y pigmentación. Las fallas adhesivas a nivel de sustrato restaurativo encontradas fueron: contracción volumétrica y cohesiva.

Conclusiones: Las fallas adhesivas más frecuentes se relacionaron a nivel dentinal por su composición orgánica y presión del fluido dentinal, más que a nivel adamantino.

Palabras Claves: Fallas Adhesivas, Revisión Narrativa, Nivel Dentinal y Nivel Adamantino.

* Doctor Efraín López Camargo Odontólogo – Rehabilitador Oral, correo efrainlopez@unicoc.edu.co

** Doctora Karen Juliet Pérez Martínez, Odontóloga Universidad del Magdalena, correo kperez@unicoc.edu.co

*** Doctora Luisa Fernanda Montaña Ortega, Universidad Cooperativa de Colombia, correo lomontana@unicoc.edu.co

Abstract

Background: Adhesives failures are one of the most frequent problems in the dental field, for this reason, many authors have focused their interest in evaluating the causes of these failures through different investigations.

Objective: The general objective of the scientific article is to identify faults in dental adhesion and their respective techniques based on a narrative review.

Methods: The selection of articles was developed, according to three databases: Pubmed, Science Direct, MedLine; taking into account the period from 2010 to 2018 and making the choice of documents based on the matrices STROBE and CONSORT.

Results: Adhesives failures found at dentine level were: suboptimal polymerization, adhesive and cohesive. The enamel-level adhesive failures found were: suboptimal polymerization and pigmentation. Adhesives failures at the level of the restorative substrate found were: volumetric and cohesive contraction.

Conclusions: The most frequent adhesive failures were related at the dentinal level due to their organic composition and dentinal fluid pressure, rather than at the adamantine level.

Key Words: Adhesives Failures, Narrative Review, Dentinal Level and Adamantine Level.

INTRODUCCIÓN

Los adhesivos dentales son soluciones de monómero de resina que permiten una interacción adecuada del sustrato dental; estos materiales tienen la capacidad de unir dos superficies diferentes; son hidrofílicos e hidrofóbicos. Los primeros (monómeros hidrofílicos) ayudan a mejorar la humectabilidad de los tejidos duros del diente; y los monómeros hidrofóbicos permiten la interacción y polimerización del material de restauración. Acondicionadores, imprimidores, agente adhesivo, agente bajador de viscosidad, iniciador o acelerador, disolventes, relleno inorgánico, entre otros, hacen parte de su composición química (1).

De acuerdo con Hilton et al y Henostroza et al., las propiedades de los adhesivos dentales son: baja viscosidad, estabilidad dimensional, resistencia ante las fuerzas masticatorias, biocompatibilidad e hidroresistencia (2,3).

Estos materiales presentan una evolución que ha ido acorde con la generación de nuevos materiales para reconstrucción, siendo reportados ocho generaciones desde su aparición con el mercado en 1956 hasta la última que se lanzó en el 2012. Sus principales características de acuerdo con la generación de adhesivos son: de acuerdo con Buonocore et al., los adhesivos de primera generación fueron diseñados para la

unión iónica a hidroxiapatita o para enlaces covalentes (enlaces de hidrógeno) al colágeno. Sin embargo, la inmersión en agua reducía la unión del agente a la superficie dental. Esta situación se solucionó cuando Bowen et al., utilizó después de varios años un agente de acoplamiento.

Posteriormente, Kugel, et al., aplicó, un promotor de la adhesión entre el esmalte / dentina y los materiales de resina por quelación con calcio superficial, donde un extremo se uniría a la dentina, y otro se polimerizaría con resina compuesta. De acuerdo con Kugel, et al., y el American Dental Association, la segunda generación de agentes de unión de dentina buscaba mejorar los agentes de acoplamiento con el uso de fosfatos polimerizables añadidos a las resinas de bis-GMA para promover la unión al calcio en la estructura dental mineralizada. Con base a Kugel, et al., y Tao et al., los sistemas de unión de tercera generación introdujeron un cambio muy importante: el grabado ácido de la dentina en un esfuerzo por modificar o eliminar parcialmente la capa de frotis (4-8).

Con base a Kanca, Tay et al., y Gary en los años 1980 y 1990, se introdujeron los agentes de unión de dentina de cuarta generación que fueron los primeros en lograr la eliminación completa del barrillo dentinal y aún se consideran como el estándar de oro en la unión de dentina. En esta generación, los tres componentes principales (grabador, cebador y unión) se empaquetan típicamente en contenedores separados y se aplican secuencialmente (9-11).

Con base a Leinfelder et al., los adhesivos de quinta generación intentaron simplificar el proceso de adhesión de cuarta generación reduciendo del tiempo de trabajo; estos se caracterizan por ser un sistema de "un paso" o "una botella" (12). Según Pashley et al., los sistemas de unión de sexta generación o de Autograbadores buscan eliminar el paso de grabado, o incluirlo químicamente en uno de los otros pasos: imprimación (primer auto

grabador + adhesivo) imprimación ácida aplicada al diente primero, seguido de adhesivo o (adhesivo de autograbado) dos botellas o dosis unitarias que contienen imprimación y adhesivo ácidos; donde una gota de cada líquido se mezcla y se aplica al diente (13). Con base al American Dental Association, Tao et al., y Gary, los sistemas de unión de séptima generación o de una botella representan la última simplificación de los sistemas adhesivos. Con estos sistemas, todos los ingredientes necesarios para la unión se colocan y se envían desde una sola botella (7,8,11).

En lo que respecta a los adhesivos universales o adhesivos de octava generación; de acuerdo con Basaran et al., y Kasraei et al., este nuevo agente de generaciones de autograbado tiene un monómero hidrófilo ácido y se puede usar fácilmente en el esmalte grabado después de la contaminación con saliva o humedad; estos pueden ser utilizados a 2 pasos como adhesivos de grabado y enjuague (ER), o a 1 paso como adhesivos de autograbado (SE) (14,15).

A pesar de los avances de estos materiales se siguen evidenciando fallas en los procesos restaurativos; dentro de las cuales se pueden incluir las ubicadas a nivel de dentina, esmalte o sustrato restaurativo. Por tal motivo se plantea como objetivo de este estudio describir e identificar críticamente las publicaciones científicas que analizan las principales causas de fracaso de los adhesivos dentales en los estratos dentinales y de esmalte.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con el proceso sistemático y empírico que se utilizó en la recolección de datos y en el estudio del problema de investigación, este análisis se desarrolló bajo la modalidad de investigación narrativa, la cual permitió identificar las cualidades de un fenómeno y tuvo el propósito de ofrecer un contexto explicativo de la situación analizada

(16). Es importante considerar que el objeto de estudio de investigación estuvo enfocado en las fallas de los adhesivos dentales de cuarta a octava generación, que han sido analizados por diferentes autores del campo odontológico.

El grupo de trabajo planteó la siguiente pregunta PICO: ¿En pacientes que requieren reconstrucciones con materiales de nano relleno, los cuales van a hacer colocados sobre un sustrato dental mediante adhesivos dentales, el tipo de falla que se presenta con mayor frecuencia es la ubicada a nivel del sustrato dentinal o la ubicada en el sustrato del esmalte?

Criterios de elegibilidad

Dentro de los criterios de inclusión se consideraron todas las publicaciones científicas con estudios longitudinales que incluían información sobre el fracaso atribuible a los adhesivos dentales, eficacia y efectividad adhesiva dental y evolución de la adhesión a dentina eran sujetos de ser elegibles de estudio. También se incluyeron reportes y resúmenes que sugería alguna explicación sobre las causas de fallas adhesivas en los diferentes sustratos a estudiar. También los sistemas adhesivos y propiedades de los adhesivos, así como la clasificación y evolución de estos. Esto dentro de un periodo comprendido del año 2010 al año 2018 y que estuvieran publicados en inglés y español.

Los reportes que no fueron incluidos en consideración para esta investigación estaban focalizados a los que describieron fallas en los procedimientos de restauración, los que hacían promoción de artículos y casas comerciales; y los que referían exclusivamente a señalar los beneficios que los adhesivos dentales

Fuentes de Información

Los reportes científicos se obtuvieron a través tres bases de datos electrónicas que fueron MEDLINE a través de Pubmed,

Science Direct y Elsevier. También se investigó otros potenciales estudios clínicos que estuvieran publicados en literatura gris o cualquier otro medio a través de Google Scholar.

Estrategia de búsqueda

Los autores adoptaron las palabras clave y los términos MESH a partir de la pregunta PICO que se había implementado. Después de realizar una revisión previa de artículos científicos, la población de artículos considerada para tener una muestra confiable fueron 334 documentos. Posteriormente, se aplicaron las matrices Strobe con 22 ítems en el caso de estudios observacionales y Consort con 25 ítems para ensayos clínicos aleatorizados ECA.

A continuación, se describen las palabras incluidas dentro de los criterios de búsqueda, con el objetivo de identificar y comprender los parámetros utilizados y desarrollados en estos dos procedimientos.

Estrategia de búsqueda para MEDLINE a través de PubMed

```
("adhesives"[Pharmacological Action] OR "adhesives"[MeSH Terms] OR "adhesives"[All Fields] OR "adhesive"[All Fields]) AND ("resins, plant"[MeSH Terms] OR ("resins"[All Fields] AND failures[All Fields]) AND (Clinical Trial[ptyp] OR systematic[sb] OR Randomized Controlled Trial[ptyp]) AND ("2008/07/08"[PDat] : "2018/07/05"[PDat])
```

```
("classification"[Subheading] OR "classification"[MeSH Terms] AND ("biological evolution"[MeSH Terms] OR "biological evolution"[All Fields]) OR "biological evolution"[All Fields]) AND ("adhesives"[Pharmacological Action] OR "adhesives"[MeSH Terms] OR "adhesives"[All Fields] OR "adhesive"[All Fields]) AND ("2008/07/08"[PDat] : "2018/07/05"[PDat])
```

Los investigadores utilizaron la estrategia de búsqueda definida en la base de datos asignadas como: Science Direct, Pubmed y Elsevier siguiendo los criterios de elegibilidad y búsqueda decritos anteriormente.

RESULTADOS

Teniendo en cuenta la investigación realizada sobre las fallas en los adhesivos dentales y con el objetivo de analizar su evolución, además de los retos y oportunidades de los adhesivos de última generación; se presenta la investigación a través de una revisión narrativa por tipo de fallas adhesivas y posteriormente, se sintetiza y se muestra la información a través de diferentes ilustraciones.

Tipos de Fallas Adhesivas

Fallas en Dentina

Para el análisis independiente de los artículos que hacen referencia a las diferentes fallas que surgen a nivel dentinal; se puede evidenciar que en el artículo de Masarwa et al., (2016) donde se reporta acerca de la evolución de los materiales y las técnicas adhesivas; señalando que estas han transformado el alcance de la práctica clínica, cambiando los conceptos de odontología restauradora. El desarrollo de nuevos materiales de unión dentinaria se ha enfocado en minimizar el número de pasos involucrados en el procedimiento de unión. Una clasificación ampliamente aceptada de sistemas de unión depende de si se usa o no un paso de grabado ácido separado. En consecuencia, dos tipos principales están disponibles; sistemas de unión de autograbado (SE) y grabado y enjuague (ER) (anteriormente conocido como sistema de unión de grabado total) (17). De acuerdo con Hashimoto et al., (2004) citado por Masarwa et al., el agua causa hidrólisis, plastificación y posterior degradación de la interfaz dentina-resina. La fuerza de adhesión de la dentina también es variable de acuerdo con la ubicación en el diente, ya sea cervical u oclusal, y esto se debe a la variabilidad del propio tejido de la dentina (17,18).

Fusayama et al., (1979), citado por Farias et al., introdujeron el concepto del uso de adhesivos de grabado y enjuague para la unión de dentina a finales de la década de

1970, cuando se estableció que la eliminación de la capa de frotis daba como resultado una mejor adhesión. En la década de 1990 se dio inicio a los materiales clínicamente exitosos que utilizaban la estrategia de grabado y enjuague, en tres pasos (19). Según Perdigo et al., (2013), citado por Farias et al., los materiales han tenido un buen desempeño en pruebas de fuerza de adhesión dentinaria independientemente del modo de aplicación. No obstante, se desconoce la posible estabilidad a largo plazo de las interfases adhesivas creadas por estos materiales, por lo que no se cuenta con datos sobre especímenes envejecidos. El uso de adhesivos de autograbado en dentina podría verse afectada por la eliminación de hidroxiapatita del sustrato (19,21).

Según Goldstein et al., (2010), citado por Mahn et al., la razón más usual de falla prematura en las restauraciones compuestas Clase V, es la pérdida de retención, acompañada de la caries marginal (22,23). Para Ermis (2002) y a Ermis et al., (2012), citado por Mahn et al., al realizar una preparación mecánica se procede a la eliminación de dentina esclerótica, lo que imposibilita la formación de una capa híbrida correcta (22,24,25). Según Abdalla et al., (1997), citado por Mahn et al., la oclusión, la esclerosis dentinaria y la edad del paciente son algunos de los múltiples factores relacionados al rendimiento y retención clínica de las restauraciones Clase V (22,26).

Los autores Perdigo et al., (2007), citado por Bader et al., explican que cuando la dentina es desgastada con una fresa u otro instrumento, los componentes restantes como el smear layer (barrillo dentinario) forman una capa de pocos micrones de grosor, adosada íntimamente a la superficie, constituyendo una barrera física, la cual debe ser disuelta o volverse permeable para que los monómeros del adhesivo entren en contacto directamente con la superficie dentinaria subyacente (27,28).

Van Meerbeek et al., (2005), citado por De Munck et al., indican que una de las trascendentales inquietudes a nivel clínico con respecto a la tecnología adhesiva actual, son la sensibilidad a la técnica y la durabilidad de los enlaces (29,30).

Por el contrario, los autores Siavash et al., establecen que para los dientes tratados endodónticamente, muchas veces la reconstrucción va acompañada del uso de materiales como postes en fibra de vidrio, ya que estos exhiben un módulo de elasticidad similar a la dentina, como también poseen la capacidad de unirse a la estructura dental, acarreando resultados estéticos óptimos (31). Para Almuhaiza et al., (2016), citados por Siavash et al., la razón más común para la falla clínica de los postes de fibra es el descementado de estos postes de la dentina. Diversos estudios in vitro han informado resultados contradictorios con respecto a la fuerza de unión de diferentes agentes de cementación de resina a postes y dentina intraradicular (31,32).

Según los autores Andrzejewska et al., (2001), citados por Akimasa et al., el deterioro de la zona de inhibición del oxígeno en la unión compuesta adhesivo-resina da como resultado una disminución en la resistencia de la unión después del almacenamiento de agua a largo plazo para adhesivos de autograbado (33,34).

Para los autores Pashley et al., (2007) y Sadek et al., (2008), citados por Ayar et al., el enlace en húmedo con etanol se deriva de las técnicas de incrustación de tejidos en las que los tejidos orgánicos hidratados se deshidratan químicamente con etanol durante unas horas y luego se incrustan en resina epoxi. Del mismo modo, en el proceso de unión dentinaria, el agua en las matrices de dentina desmineralizada se puede reemplazar gradualmente con monómeros de resina con el uso de etanol, promoviendo la infiltración de resina hidrófoba en una capa híbrida dentinaria resultante. La dentina afectada por caries tiene permeabilidades

mucho más bajas y la administración de anestésicos locales que contienen vasoconstrictores, disminución de la presión del líquido pulpar. Por lo tanto, durante la mayoría de los procedimientos de unión dentinaria, la presión pulpar es más cercana a cero (35-36).

Fallas en Esmalte

En lo que respecta a los artículos que se enfocan en las fallas a nivel de esmalte, el documento citado por Ozer et al., aclara las diferencias entre los sistemas adhesivos de grabado y enjuagado, y los de autograbado; en este documento se establece que los sistemas adhesivos de grabado y enjuague son aquellos que se ubican de acuerdo con su generación en los de IV y V; y aquellos adhesivos de autograbado son los de VI y VII, diferenciándose en la manera de interactuar con las estructuras dentales. Los primeros mencionados, es decir, los de IV y V generación (grabado y enjuague) están compuestos por ácido fosfórico para tratar previamente a la estructura dental del enjuagado, y que por último se realice la aplicación del adhesivo.

Por otro lado, los de VI y VII, es decir, los adhesivos de autograbado están compuestos por monómeros ácidos que cumplen la función de grabar y luego impregnar al diente simultáneamente. Estos dos sistemas de adhesivos, los de grabado y enjuague, como los de autograbado, forman una capa híbrida como resultado de las resinas que impregnan el esmalte o la dentina. Los sistemas adhesivos de VII generación (autograbado) conocidos de igual manera como única aplicación o monobotella, muestran menores fuerzas de adhesión y son menos predecibles que los sistemas de grabado y enjuague (de varios pasos) (37).

Según Yoo et al., (2006), citado por Oliveira et al., es fundamental utilizar en el procedimiento clínico aislamiento absoluto del campo operatorio, el cual consiste en dejar el diente aislado totalmente de la saliva

y de estructuras bucales como la lengua; siendo estos altamente perjudicial en el momento de proceder a realizar el tratamiento dental (38,39). De forma adicional, se encontró en la literatura que Ozer et al., (2013) y Yoo et al., (2006), citados por Oliveira et al., que los agentes hemostáticos también ayudan al control de la humedad y a mantener el campo operatorio ideal, libre de contaminantes. Agentes hemostáticos pueden ser usados como astringentes y/o vasoconstrictores (agentes adrenérgicos). Por otro lado, algunos autores han evaluado la acción de estos hemostáticos, obteniendo como respuesta que no permiten de manera confiable la unión en la dentina y el esmalte, lo que disminuirá la fuerza de unión (37-39).

De igual forma, se encontró Yalcin et al., (2013), Albaker (2010) y Nowakowska et al., (2010), citados por Oliveira et al., que la literatura reporta frecuentemente sobre los efectos locales de los agentes hemostáticos sobre el tejido blando circundante; sin embargo, se tiene poca literatura sobre los efectos que causa a nivel de los sustratos de dentina y esmalte (39-42,). Según se encontró por Land et al., (1994, 1996), Ayo et al., (2005), Kuphasuk et al., (2007), Chaiyabutr et al., (2011) y Felpel (1997), citados por Nowakowska et al., que dos de los principales agentes hemostáticos son el cloruro de aluminio y el sulfato férrico, los cuales, en presencia de agua, se hidrolizan y forman ácido clorhídrico (para el agente cloruro de aluminio) y ácido sulfúrico (sulfato férrico) (42-48).

Falla en Sustrato Restaurativo

Con respecto a las fallas a nivel sustrato restaurativo, se tiene que en la literatura múltiples artículos hacen referencia a este tipo de falla. El primer artículo citado por Passia et al., relata que el mercado dental ofrece una amplia variedad de sistemas adhesivos con diferentes agentes químicos para estructuras dentales y materiales de restauración. En la actualidad, el proceso se

ha simplificado en cuanto a pasos y a sus componentes para de esta manera reducir los posibles errores de aplicación y las variaciones que podrían conducir a fallas en la unión (49).

De igual manera, se encontró por Kern et al., (2012), Clausen et al., (2010) y Guess et al., (2013), citado por Klosa et al., que existen cerámicas convencionales a base de sílice las cuales son de baja resistencia a la fractura, por lo que requieren ser cementadas con cementos adhesivos para lograr la longevidad; por otro lado, existen también las restauraciones de cerámica de disilicato de litio las cuales se caracterizan por poseer la propiedad de alta resistencia, y pueden ser cementadas bajo la técnica de cementación convencional o adhesiva. Restauraciones sin retención o con una retención mínima, como las carillas vestibulares u oclusales, las coronas parciales o las prótesis dentales fijas unidas con resina de tipo Maryland requieren cementación adhesiva (50-53).

Según Ureta (2015) y Naves et al., (2010), citados por Passia et al., en las cerámicas de silicato convencionales, el grabado con ácido fluorhídrico requiere 60 segundos; en disilicato de litio, debe reducirse a 20 segundos para evitar sobre ajustes y, por lo tanto, debilitar la interfaz de unión. Es necesario un "agente primer" que contenga silano cuando el grupo silanol del silano se une a un grupo hidroxilo de la superficie del silicato. Este pretratamiento crea un vínculo que se mantiene estable incluso después del almacenamiento de agua y el ciclo térmico (49,54,55). Para los autores Passia et al., la resistencia a la tensión de unión (TBS) de la cerámica de disilicato de litio, está influenciada significativamente por el sistema de unión adhesiva. Deben evitarse los sistemas adhesivos universales que no contienen silano para unir restauraciones cerámicas de disilicato de litio debido a su menor fuerza de unión (49).

Para el siguiente artículo, los autores Thompson et al., (2011), citado por

Yoshihara et al., en odontología restaurativa, las cerámicas dentales ricas en vidrio, como las cerámicas de feldespato, las diversas clases de cerámica de vidrio (incluidas las cerámicas de disilicato de litio monolíticas) y algunas cerámicas nuevas infiltradas con polímeros, son menos invasivas para restaurar los dientes, ya que pueden unirse por completo al tejido dental con cementos compuestos (56,57).

Según Lung et al., (2012), citado por Yoshihara et al., los primers que contienen silano son en su mayoría soluciones sin agua; existen algunos de silano una botella y dos botellas. Los primers que contienen silano no hidrolizado se disuelven con mayor frecuencia en una botella que necesita ser activada e hidrolizada con una solución de ácido acético o un adhesivo ácido en la otra botella (57,58).

De acuerdo con Lung et al., (2012), Matinlinna et al., (2007), Altmann et al., (2003) y Salon et al., (2008), citados por Yoshihara et al., para activar un monómero bifuncional de silano como -MTPS, que debe reaccionar con agua, por lo que se hidroliza a silanol. Como la hidrólisis de silano es lenta en agua, el ácido acético se usa comúnmente como catalizador de reacción. Este silanol se absorbe y se une químicamente al vidrio. Sin embargo, después de la hidrólisis, el silano puede sufrir condensación por deshidratación, formando así un oligómero que ya no puede unirse al vidrio (57-61).

De acuerdo con Sezinando et al., (2015) de los que estudios que evaluaron la influencia de un recubrimiento de resina hidrofóbica en la unión dentinaria inmediata y de un tiempo de 6 meses de tres adhesivos universales, concluyeron que el recubrimiento de capa hidrofóbica adicional mejora el rendimiento inmediato a largo plazo de microfiltración de los sistemas adhesivos universales de autograbado. Sin embargo, la microfiltración depende del envejecimiento del material y no

está relacionada con la estrategia adhesiva (62).

Por otra parte, Tsujimoto et al., evalúan tres sistemas adhesivos uno de un paso, de dos pasos y por último de tres pasos, concluyendo que la presencia de un primer en un adhesivo de autograbado en un solo paso promueve una mayor fuerza de enlace en la dentina a diferencia de otros tipos de sistema adhesivo y las características de la capa inhibida de los adhesivos dentales difieren según el tipo de sistema adhesivo (63). Según Ureta et al., es importante considerar el espesor de capa del material porque esto influye en la duración de la restauración final. Si la capa de adhesivo es demasiado gruesa puede comprometer la longevidad de la restauración, como también dependiendo del tipo de solvente y el tiempo de evaporación para realizar la polimerización (54).

Según Pashley et al., (1992), citados por Sezinando et al., (2015) el grabado de ácido fosfórico, el primer paso en la estrategia de grabado y enjuague elimina la capa de frotis y desmineraliza los micrómetros de la superficie de la dentina. Una vez realizada la eliminación de hidroxiapatita de los espacios interfibrilares, los monómeros de resina se infiltran en esos espacios e impregnan las fibrillas de colágeno, conduciendo a la formación de una capa híbrida gruesa de colágeno y resina dentro del sustrato de dentina (62,64).

Para los autores Van Meerbeek et al., (1992), citados por Sezinando et al., la hibridación de dentina en adhesivos de grabado y enjuague simplificados, se consideran como una técnica sensible debido a la posibilidad de discrepancia entre la profundidad del grabado y la impregnación adhesiva eficaz de la red expuesta de fibrillas de colágeno. Los adhesivos auto grabadores; sin embargo, no requieren ácido fosfórico como grabado preliminar, ya que la desmineralización y el uso de agentes adhesivos en la dentina pueden ocurrir simultáneamente (62,65). Por

lo que para los autores De Munck et al., (2005), citados por Sezinando et al., el grabado e infiltración simultánea de los adhesivos auto grabadores en la dentina se produce para todos los adhesivos auto grabadores (62,66).

Clasificación y Evolución de los Adhesivos

Dentro de la investigación se seleccionó como artículo principal, el documento de Sofan et al., quien dijo que los adhesivos dentales son soluciones de monómeros de resina que hacen posible la interacción del sustrato dental de resina. El sistema adhesivo está compuesto por monómeros con grupos hidrófilos y grupos hidrófobos (1).

De acuerdo con Van Landuyt et al., (2007), citado por Sofan et al., los adhesivos hidrófilos son aquellos que mejoran la humectabilidad de los tejidos duros dentales, mientras que los adhesivos hidrófobos permiten la interacción y la copolimerización con los materiales de restauración. La composición química de los adhesivos también incluye iniciadores de curado, inhibidores o estabilizadores, solventes y, en algunos casos, rellenos inorgánicos. Sin embargo, es necesario considerar la anatomía del diente. La microfiltración es uno de los problemas dentales más frecuentes, que probablemente sea responsable de muchos casos de caries secundaria.

Por lo tanto, estos adhesivos son fundamentales para el éxito de los materiales estéticos restaurativos en la odontología moderna (1,67). Para los autores Perdigao et al., (2010), citado por Sofan et al., en la dentina profunda, los túbulos dentinarios son más numerosos: la permeabilidad intratubular de las resinas será responsable de una mayor resistencia de los enlaces. La dentina también es un sustrato que sufre cambios con la edad en un proceso de envejecimiento

fisiológico asimétrico, que conduce a un aumento del grosor de la dentina y una disminución de la permeabilidad de la dentina. Además, la dentina esclerótica y cariada sufre cambios estructurales que dan como resultado una mayor mineralización y, en consecuencia, una menor permeabilidad. A diferencia de la dentina, el esmalte se puede secar fácilmente: por lo tanto, el proceso de unión al esmalte es diferente al de la dentina (1,68).

Sistemas Adhesivos y Propiedades de los Adhesivos

Para los autores De Munck et al., (2005) y Van Landuyt et al., (2007), citado por Sofan et al., se han desarrollado muchos sistemas y tipos de adhesivos de resina para lograr una adhesión duradera a los tejidos dentales. Los adhesivos dentales poseen propiedades, tales como: baja viscosidad, estabilidad dimensional, resistencia ante las fuerzas masticatorias, biocompatibilidad e hidro resistencia. Algunas de las complicaciones asociadas a los sistemas adhesivos son: la heterogeneidad de la estructura y composición dental, la hidrofilia de la superficie expuesta de la dentina, las características del sustrato dental después de la preparación de la cavidad y las características del propio adhesivo, como sus propiedades fisicoquímicas y su estrategia de interacción con el esmalte y dentina (1,66,67).

Según Breschi et al., (2009), citado por Sofan et al., a pesar de la gran diferencia en la forma de grabado entre los adhesivos de grabado y enjuague, y autograbado, los otros pasos fundamentales para la adhesión, a saber, la fase de humectabilidad y la fase de unión, pueden ser separados o combinados (1,69).

Clasificación de los Adhesivos

De acuerdo con Buonocore et al., Bowen et al., y Kugel, et al., los adhesivos de primera generación fueron publicados por Buonocore en 1956, demostrando que el uso de resina

que contiene dimetacrilato de ácido glicerofosfórico (NPG-GMA) se uniría a la dentina grabada al ácido. Estos agentes de unión se diseñaron para la unión iónica a hidroxiapatita o para enlaces covalentes (enlaces de hidrógeno) al colágeno (4-6).

De acuerdo con Kugel, et al., y American Dental Association la segunda generación de agentes de unión de dentina se introdujo a finales de la década de 1970 y buscaba mejorar los agentes de acoplamiento que se utilizaban en la primera generación de adhesivos utilizando principalmente fosfatos polimerizables añadidos a las resinas de bis-GMA para promover la unión al calcio en la estructura dental mineralizada. El mecanismo de unión implica la formación de un enlace iónico entre los grupos de calcio y clorofosfato (6,7). Con base a Kugel, et al., y Tao et al., a finales de los años setenta y principios de los ochenta, se presentaron agentes de adhesión de dentina de tercera generación. Los sistemas de unión de tercera generación introdujeron un cambio muy importante: el grabado ácido de la dentina en un esfuerzo por modificar o eliminar parcialmente la capa de frotis. Esto abrió los túbulos de dentina y permitió que se colocara una imprimación después de que el ácido fuera completamente enjuagado. Si bien este método logró un mayor vínculo, se consideró controvertido en odontología ya que existía la sensación de que la dentina no debía grabarse (6,8).

Con base a Kanca, Tay et al., y Gary en los años 1980 y 1990, se introdujeron los agentes de unión de dentina de cuarta generación. Los materiales de cuarta generación fueron los primeros en lograr la eliminación completa de la capa de frotis y aún se consideran como el estándar de oro en la unión de dentina. En esta generación, los tres componentes principales (grabador, cebador y unión) se empaquetan típicamente en contenedores separados y se aplican secuencialmente.

El concepto de técnica de grabado total y sellos dentinarios húmedos de los sistemas de cuarta generación, donde la dentina y el esmalte se graban al mismo tiempo con

ácido fosfórico (H_3PO_3) durante un período de 15-20 segundos (9-11).

Con base a Leinfelder et al., en la década de 1990 y en la década actual, los sistemas de unión de quinta generación intentaron simplificar el proceso de adhesión de cuarta generación al reducir los pasos clínicos que resultan en la reducción del tiempo de trabajo. Estos se distinguen por ser un sistema de "un paso" o "una botella". Además, se necesitaba una forma mejorada para prevenir el colapso del colágeno de la dentina desmineralizada y para minimizar, si no eliminar totalmente, la sensibilidad postoperatoria.

Los sistemas de unión de sexta generación introducidos en la última parte de la década de 1990 y comienzos de la década de 2000, también conocidos como los "autograbado". Los sistemas de unión de sexta generación buscaban eliminar el paso de grabado, o incluirlo químicamente en uno de los otros pasos: imprimación (primer auto grabador + adhesivo) imprimación ácida aplicada al diente primero, seguido de adhesivo o (adhesivo de autograbado) dos botellas o dosis unitarias que contienen imprimación y adhesivo ácidos; donde una gota de cada líquido se mezcla y se aplica al diente (12).

De igual forma Buonocore et al., Bowen et al., y Kugel, et al., recomiendan que los componentes se mezclen inmediatamente antes del uso. La mezcla de componentes de resina hidrófila e hidrófoba se aplica luego al sustrato del diente. Evidentemente, estos sistemas de unión se caracterizan por la posibilidad de lograr una unión adecuada al esmalte y la dentina utilizando una sola solución. La mayor ventaja de la sexta generación es que su eficacia parece ser menos dependiente del estado de hidratación de la dentina que los sistemas de grabado total (4-6).

Con base a American Dental Association, Tao et al., y Gary, los sistemas de unión de séptima generación se introdujeron a fines de 1999 y principios de 2005. El sistema de autograbado de séptima generación o de una botella representa la última simplificación de

los sistemas adhesivos. Con estos sistemas, todos los ingredientes necesarios para la unión se colocan y se envían desde una sola botella (7,8,11).

De acuerdo con Tay et al., (2003) y Yaseen et al., (2009), citado por Sofan et al., una vez colocados y polimerizados, generalmente son más hidrófilos que los sistemas de autograbado de dos pasos; esta condición los hace más propensos a la sorción de agua, limita la profundidad de la infiltración de resina en el diente y crea algunos vacíos. La ventaja de esta generación no era la mezcla requerida y las fuerzas de adhesión eran consistentes. Sin embargo, los adhesivos de séptima generación han demostrado tener las resistencias de adhesión más bajas, tanto iniciales como a largo plazo, de cualquier adhesivo en el mercado hoy en día que pueda considerarse una desventaja. Los adhesivos de séptima generación implican la aplicación de grabado, imprimación y adhesivo que ya se han mezclado, seguido de fotopolimerización del diente (1,10, 71).

Adhesivos Universales

De acuerdo con Basaraa y Kasraei, en los adhesivos de octava generación, la adición de nano-rellenos con un tamaño de partícula promedio de 12 nm aumenta la penetración de los monómeros de resina y el grosor de la capa híbrida, lo que a su vez mejora las propiedades mecánicas de los sistemas de unión. Los agentes de nano adhesión son soluciones de nano-rellenos, que producen una mejor resistencia del esmalte y la adhesión de la dentina, la absorción del estrés y una mayor vida útil.

Este nuevo agente de generaciones de autograbado tiene un monómero hidrófilo ácido y se puede usar fácilmente en el esmalte grabado después de la contaminación con saliva o humedad. Según el fabricante, las nanopartículas que actúan como enlaces cruzados reducirán los cambios dimensionales. El tipo de nano-rellenos y el método en el que se incorporan estas partículas afectan la viscosidad

adhesiva y la capacidad de penetración de los monómeros de resina en los espacios de fibras de colágeno (14,15).

Propuesta

Con base a la información presentada anteriormente, la revisión narrativa permitió establecer e identificar 15 fallas en adhesión dental; donde las fallas de fuerza de unión relativamente débiles y poco confiables, y la degradación de la interfaz disminuida fueron las más recurrentes en el documento. Estas se presentan de acuerdo con su clasificación en la siguiente tabla:

Tabla 1. Lista General “Fallas Adhesivas Dentales”

Falla No	Tipo De Falla	Generación	Nombre
	DENTINA		
1		I – III	Microfiltración por debajo de la capa híbrida
2			Sensibilidad Postoperatoria
3		IV	Degradación en la interfaz dentina-resina
4			Fuerza de adhesión dentinal disminuida
5			Polimerización Subóptima
6			Falla Adhesiva
7			Falla Cohesiva
8			Falla Mixta
9			Microfiltración por debajo de la capa híbrida
10			Contracción a la Polimerización
11			Sensibilidad Postoperatoria
12		V	Degradación en la interfaz dentina-resina
13			Fuerza de adhesión

		dentinal disminuida
14		Polimerización Subóptima
15		Falla Adhesiva
16		Falla Cohesiva
17		Falla Mixta
18		Microfiltración por debajo de la capa híbrida
19		Contracción a la Polimerización
20	VI	Degradación en la interfaz dentina-resina
21		Fuerza de adhesión dentinal disminuida
22		Polimerización Subóptima
23		Falla Adhesiva
24		Falla Cohesiva
25		Falla Mixta
26		Microfiltración por debajo de la capa híbrida
27		Contracción a la Polimerización
28	VII	Degradación en la interfaz dentina-resina
29		Fuerza de adhesión dentinal disminuida
30		Polimerización Subóptima
31		Falla Adhesiva
32		Falla Cohesiva
33		Falla Mixta
34		Microfiltración por debajo de la capa híbrida
35		Contracción a la

		Polimerización
36		VIII Degradación en la interfaz dentina-resina
37		Fuerza de adhesión dentinal disminuida
38		Polimerización Subóptima
39		Falla Adhesiva
40		Falla Cohesiva
41		Falla Mixta
42		Microfiltración por debajo de la capa híbrida
43		Polimerización Subóptima
44	I – III	Pigmentación
45		Baja Resistencia Adhesiva
	ESMALTE	IV -
		V -
		VI -
46	VII	Menor Fuerza de Adhesión
47	VIII	Fuerza de Unión con el Esmalte Baja
	SUSTRATO	I – III -
48	IV	Baja Resistencia a la Fractura
49	V	Baja Resistencia a la Fractura
50	VI	Baja Resistencia a la Fractura
51	VII	Baja Resistencia a la Fractura
52	VIII	Baja Resistencia a la Fractura

Fuente: Elaboración de los Autores con base en la información de los artículos seleccionados

A partir de la tabla 1, se procede a seleccionar las principales fallas de adhesivos de última generación o adhesivos universales o de octava generación. Se obtuvieron 9 fallas adhesivas; a continuación, se presentan estas fallas identificadas.

Tabla 2. Lista de Fallas en Adhesivos Universales

Falla No	Tipo De Falla	Nombre
1	DENTINA	Degradación en la interfaz dentina-resina
2		Fuerza de adhesión dentinal disminuida
3		Polymerización Subóptima
4		Falla Adhesiva
5		Falla Cohesiva
6		Falla Mixta
7		Microfiltración por debajo de la capa híbrida
8	ESMALTE	Fuerza de Unión con el Esmalte Baja
9	SUSTRATO	Baja Resistencia a la Fractura

Fuente: Elaboración de los Autores con base en la información de los artículos seleccionados

DISCUSIÓN

Para los autores Brackett et al., (2011), citado por Farias et al., las fibrillas de colágeno de dentina desmineralizada no infiltradas pueden estar expuestas al deterioro de la matriz a partir de metaloproteinasas; originando un incremento de la nanofiltración por debajo de la capa híbrida. Es necesario tener en cuenta esta información, porque si la dentina pierde sus propiedades disminuye su fuerza de unión y genera fallas en la adhesión dental como la microfiltración.

La investigación desarrollada está intrínsecamente relacionada con este análisis; debido a que busca proporcionar información acerca de los procedimientos que se deben aplicar y seguir en búsqueda de un adecuado proceso restaurativo (19,74).

Según el autor Perdigo et al., (2013), citado por Farias et al., los materiales han tenido un buen desempeño en pruebas de fuerza de adhesión dentinaria independientemente de su modo de aplicación. No obstante, se desconoce la posible estabilidad a largo plazo de las interfases adhesivas creadas por estos materiales, por lo que no se cuenta con datos sobre especímenes envejecidos.

De acuerdo con el análisis de los autores mencionados se identificaron las fallas de los adhesivos en forma general. Estos estudios mencionados conceden la oportunidad de observar las fallas más comunes de los adhesivos dentales; no obstante, no permite identificar estas fallas según su generación, es decir, no logra el análisis de las fallas adhesivas de acuerdo con su evolución. Por tal motivo, además de realizar el análisis de las fallas adhesivas, es indispensable analizarlas de acuerdo con su evolución por generación; con el objetivo de sinterizar y presentar la información al cuerpo académico odontológico de manera clara y oportuna (19,21).

CONCLUSIONES

El propósito de la investigación fue determinar cuáles eran las fallas de los adhesivos dentales; teniendo en cuenta una revisión narrativa, se identificaron 15 tipos de fallas adhesivas dentales. De la primera a la tercera generación se hallaron 5 tipos de fallas adhesivas, en la cuarta generación se identificaron 10 fallas adhesivas, en la quinta y sexta generación se hallaron 9 fallas adhesivas, en la séptima generación se encontraron 10 fallas adhesivas, y en la octava generación se obtuvieron 9 fallas adhesivas (Para Mayor Información, Ver Tabla 1).

Por otro lado, se debe tener en cuenta que independientemente del tipo de adhesivo que se utilice, las fallas en la fuerza de unión del adhesivo se presentan en mayor proporción a nivel dentinal, más que en esmalte por su composición biológica de matriz orgánica de la dentina y el fluido dentinal y su presión.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con la revisión narrativa realizada, las estrategias, nuevos productos y/o procesos que busquen corregir las fallas de los adhesivos dentales deben estar enfocadas en los siguientes aspectos:

Es indispensable estudiar los componentes de cada sistema de adhesivos, con el objetivo de mejorar sus resultados clínicos y así disminuir errores en las prácticas odontológicas.

Establecer un manual de conocimientos donde se sintetice la información obtenida en el presente documento; donde se establezcan los procedimientos a seguir con base en las fallas de adhesión. Este manual tendrá el objetivo de servir como herramienta para profesionales teóricos-clínicos y así discernir entre técnicas para garantizar mejores resultados funcionales y estéticos en los tratamientos odontológicos.

En lo que respecta a los adhesivos universales o de octava generación, se evidencia la necesidad de realizar estudios que midan su impacto de longevidad y además permita observar las oportunidades de desarrollo de nuevos adhesivos.

REFERENCIAS

1. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, et al. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. 2017; 8(1):1-17.
2. Hilton, T Ferracane, J, Broome, J. Summitt's. Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. Fourth

Edition. Quintessence Publishing. 2013; 11(3):224-225

3. Henostroza, g. Adhesión en odontología restauradora. Primera edición. Brasil 2003.

4. Buonocore M, Wileman W, Brudevold F. A report on a risen composition capable of bonding to human dentin surfaces. J Dent Res. 1956; 35(6):846–851.

5. Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer. J Dent Res. 1965; 44(5):895–890.

6. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. JADA. 2000; 131:20–25.

7. American Dental Association Council on Dental Materials. Instruments and equipment. Dentin bonding systems: an update. JADA. 1987; 114(1):91–95.

8. Tao L, Pashley D H, Boyd L. Effect of different types of smear layers on dentin and enamel bond strengths. Dental Materials. 1988; 4(4):208–216.

9. Kanca J. A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner. Quintessence Int. 1991; 22(4):285–290.

10. Tay F R, Gwinnett A J, Wei S H Y. Structural evidence of a sealed tissue interface with Total etch wet bonding technique, in vivo. J Dent Res. 1994; 73(3):629–636.

11. Gary A. Adhesive considerations in the placement of direct composite restorations. Compend. 2008;1(1):20–25.

12. Leinfelder KF. Dentin adhesives for the twenty-first century. Dent Clin North Am. 2001;45(1):1–6.

13. Pashley EL, Agee K, Pashly DH, Tay F. Effect of one versus two applications of an

unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent.* 2002; 30(2-3):83–90.

14. Başaran G, Ozer T, Devocioğlu Kama J. Comparison of a recently developed nanofiller self-etching primer adhesive with other self-etching primers and conventional acid etching. *Eur J Orthod.* 2009 Jun; 31(3):271–275.

15. Kasraei SH, Atai M, Khamverdi Z, Khalegh Nejad S. Effect of nanofiller addition to an experimental dentin adhesive on microtensile bond strength to human dentin. *J Dent (Tehran)* 2009; 6(2):91–96.

16. Sampiere, R., Collado, C. & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. McGraw - Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.

17. Masarwa N, Mohamed A, Abou-Rabii I, Zaghlan R, Steier L. Longevity of self-etch dentin bonding adhesives compared to etch-and-rinse dentin bonding adhesives: a systematic review uk: Department of Restorative Dentistry, Edinburgh Dental Institute, UK; 2016;16(2):96-106.

18. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, Svizero NR, Sano H, Kaga M, Pashley DH. Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res* 2004; 83(11):843-8.

19. Farias D, Caldeira M, Boushell L, Walter R. Assessment of the initial and aged dentin bond strength of universal adhesives: *International Journal of Adhesion & Adhesives*; 2016; 70, 53-61.

21. Perdigao J, Kose C, Mena-Serrano A, De Paula E, Tay L, Reis A, et al. A new universal simplified adhesive: 18-month clinical evaluation. *Oper Dent* 2013; 39(2):113-27.

22. Mahn E, Rousson V, Heintze S. Meta-Analysis of the Influence of Bonding Parameters on the Clinical Outcome of Tooth-colored Cervical Restorations EE. *UU: Journal of Dental Research*; 2011; 91(4):351-357

The Journal of Adhesive Dentistry; 2015; 17(5):391-403.

23. Goldstein GR. The longevity of direct and indirect posterior restorations in uncertain and may be affected by a number of dentist-, patient, and material-related factors. *J Evid Based Dent Pract* 2010; 10(1):30-1.

24. Ermis RB. Two-year clinical evaluation of four polyacid-modified resin composites and a resin-modified glass-ionomer cement in Class V lesions. *Quintessence Int* 2002; 33(7):542-8.

25. Ermis RB, Van Landuyt KL, Cardoso MV, De Munck J, Van Meerbeek B, Peumans M. Clinical effectiveness of a one-step self-etch adhesive in non-carious cervical lesions at 2 years. *Clin Oral Investig* 2012; 16(3):889–897.

26. Abdalla AI, Alhadainy HA. Clinical evaluation of hybrid ionomer restoratives in Class V abrasion lesions: two-year results. *Quintessence Int* 1997; 28(4):225-258.

27. Bader M, Ibáñez M. Evaluation of the adhesive interface obtained in composite restorations performed with a universal adhesive system used with and without acid etching. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral.* 2014; 39:238-248.

28. Perdigao J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2): 333-57, viii.

29. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P, et al. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J.* 2005; 24(1):1-13.

30. De Munck A, Mine A, Poitevin A, Van Ende M, Cardoso V, Landuyt M, et al. Meta-analytical Review of Parameters Involved in Dentin Bonding EE. *UU: Journal of Dental Research*; 2011; 91(4):351-357

31. Siavash Savadi Oskoe D. Push-out Bond Strength of Fiber Posts to Intraradicular Dentin Using Multimode Adhesive System EE. UU: American Association of Endodontists; 2016; 42(12):1794-1798.
32. Almuhaiza M. Fracture resistance of three different post and core systems on endodontically treated teeth: an in vitro study. *J Int Oral Health* 2016; 8(6):679-682.
33. Akimasa Tsujimoto W. Influence of the Oxygen-inhibited Layer on Bonding Performance of Dental Adhesive Systems: Surface Free Energy Perspectives Japon: Nihon University School of Dentistry; 2016; 18(1):51-58.
34. Andrzejewska e. Polymerization kinetics of multifunctional monomers. *Prog Polym Sci* 2001; 26(4):605-665.
35. Pashley DH, Tay FR, Carvalho RM, Rueggeberg FA, Agee KA, Carrilho M, et al. From dry bonding to water-wet bonding to ethanol-wet bonding. A review of the interactions between dentin matrix and solvated resins using a macromodel of the hybrid layer. *Am J Dent*.2007;20(1):7–20.
36. Sadek FT, Pashley DH, Nishitani Y, Carrilho MR, Donnelly A, Ferrari M, et al. Application of hydrophobic resin adhesives to acid-etched dentin with an alternative wet bonding technique.*J Biomed Mater Res A*. 2008; 84(1):19–29.
37. Ozer F DP, and Blatz M B DP. Self-Etch and Etch-and-Rinse Adhesive Systems in Chnical Dentistry EE. UU: COMPENDIUM; 2013; 34(1):12-14.
38. Yoo HM, Oh TS, Pereira PN. Effect of saliva contamination on the microshear bond strength of one-step self-etching adhesive systems to dentin. *Oper Dent* 2006;31(1):127-134.
39. Oliveira K Bernades L. The influence of hemostatic agents on dentin and enamel surfaces and dental bonding: A systematic review EE. UU: American Dental Association.; 2014; 145(11):1120-1128.
40. Yalçın M, Barutçigil C, Umar I, Bozkurt BS, Hakki SS. Cytotoxicity of hemostatic agents on the human gingival fibroblast. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2013;17(17):984-988.
41. Albaker AM. Gingival retraction: techniques and materials—a review. *Pak Oral Dent J* 2010; 30(2):545-551.
42. Nowakowska D, Saczko J, Kulbacka J, Choromanska A. Dynamic oxidoreductive potential of astringent retraction agents. *Folia Biol (Praha)* 2010; 56(6):263-268.
43. Land MF, Rosenstiel SF, Sandrik JL. Disturbance of the dentinal smear layer by acidic hemostatic agents. *J Prosthet Dent* 1994; 72(1):4-7.
44. Land MF, Couri CC, Johnston WM. Smear layer instability caused by hemostatic agents. *J Prosthet Dent* 1996; 76(5):477-482.
45. Ayo-Yusuf OA, Driessen CH, Botha AJ. SEM-EDX study of prepared human dentine surfaces exposed to gingival retraction fluids. *J Dent* 2005; 33(9):731-739.
46. Kuphasuk W, Harnirattisai C, Senawongse P, Tagami J. Bond strengths of two adhesive systems to dentin contaminated with a hemostatic agent. *Oper Dent* 2007; 32(4):399-405.
47. Chaiyabutr Y, Kois JC. The effect of tooth-preparation cleansing protocol on the bond strength of self-adhesive resin cement to dentin contaminated with a hemostatic agent. *Oper Dent* 2011; 36(1):18-26.
48. Felpel LP. A review of pharmacotherapeutics for prosthetic dentistry: part I. *J Prosthet Dent* 1997; 77(3):285-292.
49. Passia N D, Lehmann F DI, Freitag-Wolf S D, Kern M D. Tensile bond strength of different universal adhesive systems to lithium disilicate ceramic EE. UU: American Dental Association.; 2015; 146(10):729-734.

50. Kern M, Sasse M, Wolfart S. Ten-year outcome of three-unit fixed dental prostheses made from monolithic lithium disilicate ceramic. *JADA*. 2012;143(3):234-240.
51. Clausen JO, Abou Tara M, Kern M. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations: influence of ceramic material and preparation design. *Dent Mater*. 2010; 26(6):533-538.
52. Guess PC, Selz CF, Steinhart YN, Stampf S, Strub JR. Prospective clinical split-mouth study of pressed and CAD/CAM all-ceramic partial coverage restorations: 7-year results. *Int J Prosthodont*. 2013; 26(1):21-25.
53. Klosa K, Wolfart S, Lehmann F, Wenz HJ, Kern M. The effect of storage conditions, contamination modes and cleaning procedures on the resin bond strength to lithium disilicate ceramic. *J Adhes Dent*. 2009; 11(2): 127-135.
54. Ureta N. SC. Comparison of film thickness of two adhesive systems observed in scanning electron microscope. *Chile: Revista de Operatoria dental y biomateriales*; 2015; 4(2): 15-21.
55. Naves LZ, Soares CJ, Moraes RR, et al. Surface/interface morphology and bond strength to glass ceramic etched for different periods. *Oper Dent*. 2010; 35(4):420-427.
56. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dent Mater* 2011; 27(1):71–82.
57. Yoshihara K N. Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in 'universal' adhesives EE. *UU: The Academy of Dental Materials.*; 2016; 32(10):1218-1225.
58. Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater* 2012; 28(5):467–77.
59. Matinlinna JP, Vallittu PK. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces – an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *J Oral Rehabil* 2007; 34(8):622–30.
60. Altmann S, Pfeiffer J. The hydrolysis/condensation behaviour of methacryloyloxyalkyl functional alkoxysilanes: structure–reactivity relations. *Monat Chem* 2003; 134(12):1081–1092.
61. Salon M-CB, Bayle P-A, Abdelmouleh M, Boufi S, Belgacem MN. Kinetics of hydrolysis and self-condensation reactions of silanes by NMR spectroscopy. *Colloids Surf A* 2008; 312(2–3):83–91.
62. Sezinando A I. Influence of a hydrophobic resin coating on the immediate and 6-month dentin bonding of three universal adhesives EE. *UU: Academy of Dental Materials.*; 2015; 31(10):236-246.
63. Tsujimoto A W. Influence of the Oxygen-inhibited Layer on Bonding Performance of Dental Adhesive Systems: Surface Free Energy Perspectives Japon: *Nihon University School of Dentistry*; 2016; 18(1):51-58.
64. Pashley DH. The effects of acid etching on the pulpodentin complex. *Oper Dent* 1992; 17(6):229-242.
65. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 1992; 71(8):1530-40.
66. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, et al. A critical review of the durability of adhesion of tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005; 84(2):118-32.
67. Van Landuyt K, Snauwaert J, De munck, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A,

et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007; 28(26):3757-85.

68. Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater*. 2010; 26(2):24-37.

69. Breschi L, Mazzoni A, De Stefano D, Ferrari M. Adhesion to intraradicular dentin: a review. *J Adhes Sci Technol*. 2009; 7:1052-83.

70. Tay FR, Pashly DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic. *Can Dent Assoc*. 2003; 69(11):726-31.

71. Yaseen SM, Subba Reddy VV. Comparative evaluation of shear bond strength of two self-etching adhesive (sixth and seventh generation) on dentin of primary and permanent teeth: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2009 Jan-Mar; 27(1):33–38.

72. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res* 1979; 58(4):1364-70.

73. Ayar MK. A review of ethanol wet-bonding: Principles and techniques UK: *European Journal of Dentistry*; 2016; 10(1):155–159.

74. Brackett MG, Li N, Brackett WW, Sword RJ, Qi YP, Niu LN, et al. The critical barrier to progress in dentine bonding with the etch-and-rinse technique. *J Dent* 2011; 39(3):238-248.