



FACULTAD DE POSGRADOS

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA ADHESIVA ENTRE LAS RESINAS
CONVENCIONAL Y BULK ADHERIDAS A DENTINA CON UN SISTEMA
ADHESIVO UNIVERSAL CON Y SIN GRABADO ÁCIDO PREVIO.

Autora

Mariuxi Estefanía Rojas Urbano

Año
2019



FACULTAD DE POSGRADOS

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA ADHESIVA ENTRE LAS RESINAS
CONVENCIONAL Y BULK ADHERIDAS A DENTINA CON UN SISTEMA
ADHESIVO UNIVERSAL CON Y SIN GRABADO ÁCIDO PREVIO.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Especialista Médico en Rehabilitación Oral

Profesora guía:

Dra. Eliana Haydee Aldás Fierro

Autora:

Mariuxi Estefanía Rojas Urbano

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Comparación de la resistencia adhesiva entre las resinas convencional y bulk adheridas a dentina con un sistema adhesivo universal con y sin grabado ácido previo, a través de reuniones periódicas con el estudiante Mariuxi Estefanía Rojas Urbano, en el semestre 2020-00, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Dra. Eliana Haydee Aldás Fierro

Odontopediatra (USFQ)

Msc. Odontología Restauradora y Estética (UCE)

CI: 1713108866

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Comparación de la resistencia adhesiva entre las resinas convencional y bulk adheridas a dentina con un sistema adhesivo universal con y sin grabado ácido previo, de Mariuxi Estefanía Rojas Urbano, en el semestre 2020-00, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"

Dra. Adriana María Benavides
Especialista en Implantología Oral
CI: 1717173429

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Mariuxi Estefanía Rojas Urbano

CI: 0202047668

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis padres, quienes me han dado la fortaleza para poder culminar mis estudios. A mi tutora Dra. Eliana Aldás, por saber dirigirme y darme su apoyo para la ejecución de mi trabajo de tesis.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, quienes son las personas que me han sabido motivar a ser mejor cada día y por apoyarme en cada momento de mi vida.

RESUMEN

Objetivo: Esta investigación tuvo como propósito comparar la resistencia adhesiva entre las resinas convencional y bulk adheridas a dentina con un sistema adhesivo universal con y sin grabado ácido previo.

Material y método: Se usaron 20 premolares cortados por la unión amelo cementaria, se los dividió en 2 grupos, en los cuales se realizaron restauraciones con técnica incremental con resina convencional y el otro grupo con técnica de un solo incremento para la resina bulk; a estos dos grupos se los subdividió según la aplicación de grabado ácido previo con H₃PO₄ al 37%, y se aplicó el sistema adhesivo universal Single Bond (3M, ESPE). Una vez restauradas las piezas dentarias fueron cortadas hasta obtener especímenes en forma “palito”, para ser sometidos al test de micro-tracción hasta el instante en que se efectuó la fractura. Los datos estadísticos de la resistencia adhesiva fueron analizados por ANOVA y prueba de Tukey.

Resultados: La resistencia adhesiva promedio es mayor cuando se utiliza la resina convencional con grabado ácido previo y adhesivo universal Single Bond (3M, ESPE), generando la mayor resistencia (36,328MPa) y registra su valor más bajo en la técnica incremental únicamente con la aplicación del autoadhesivo universal sin grabado ácido previo (21,299MPa). De igual manera, el tipo de fractura que predominó fue la adhesiva para todos los grupos estudiados.

Con el test de Tukey muestra que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los grupos que se utilizó grabado ácido previo independientemente de las resinas y del sistema adhesivo usado. Entre la resina convencional y bulk no hay diferencia de la resistencia adhesiva, al utilizar el sistema adhesivo con o sin grabado ácido previo.

Conclusiones: La resistencia adhesiva de la resina convencional, usando la técnica de grabado ácido previo más el sistema adhesivo universal Single Bond presenta los mejores resultados. En cuanto al tipo de fractura, se presentó en todos los test de micro tracción la fractura adhesiva. La resistencia adhesiva muestra mejores resultados en aquellos grupos tuvieron un grabado ácido previo y adhesivo Single Bond Universal.

Palabras clave: resina convencional, bulk, grabado ácido.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this investigation was to compare the adhesive strength between conventional and bulk resins adhered to dentin with a universal adhesive system with and without prior acid etching.

Material and method: 20 premolars cut by the cemented amelo junction were used, divided into 2 groups, in which restorations were performed with incremental technique with conventional resin and the other group with a single increment technique for the bulk resin; two groups were subdivided according to the previous acid etching application with 37% H₃PO₄, and the Universal Single Bond (3M, ESPE) adhesive system was applied. Once the teeth were restored, they were cut until specimens were obtained in a “stick” form, to be subjected to the micro-traction test until the moment in which the fracture was performed. The statistical data of the adhesive resistance were analyzed by ANOVA and Tukey test.

Results: The average adhesive resistance is higher when using the conventional resin with prior acid etching and Universal Single Bond adhesive (3M, ESPE), generating the highest resistance (36,328MPa) and recording its lowest value in the incremental technique only with the Application of the universal self-adhesive without prior acid etching (21,299MPa). Similarly, the type of fracture that prevailed was the adhesive for all the groups studied. With the Tukey test it shows that there is a statistically significant difference ($p < 0.05$) between the groups that used prior acid etching regardless of the resins and the adhesive system used. Between conventional and bulk resin there is no difference in adhesive strength, when using the adhesive system with or without prior acid etching.

Conclusions: The adhesive resistance of the conventional resin, using the prior acid etching technique plus the Universal Single Bond adhesive system presents the best results. Regarding the type of fracture, the adhesive fracture

was presented in all the micro tensile tests. The adhesive resistance shows better results in those groups had a previous acid etching and Universal Single Bond adhesive.

Keywords: conventional resin, bulk, acid etching.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Planteamiento del Problema.....	1
2	JUSTIFICACIÓN.....	3
3	MARCO TEÓRICO.....	4
3.1	Resinas compuestas.....	4
3.1.1	Clasificación de compuesto resinas	5
3.1.1.1	Compuestos Megafill	5
3.1.1.2	Compuestos Macrofill	5
3.1.1.3	Compuestos Midifill.....	5
3.1.1.4	Compuestos Minifill.....	6
3.1.1.5	Compuestos de Microfibra	6
3.1.1.6	Compuestos híbridos	6
3.1.1.7	Compuestos de Nanofill.....	6
3.1.2	Fotopolimerización de las resinas compuestas.	7
3.1.3	Profundidad de fotopolimerización	8
3.1.4	Aplicaciones clínicas de las resinas compuestas.	9
3.1.5	Propiedades mecánicas	9
3.1.6	Técnica incremental	10
3.1.6.1	Técnicas para colocación de incrementos.	10
3.2	Resinas bulk	11
3.2.1	Composición	11
3.2.2	Clasificación de las resinas bulk fill	12
3.2.2.1	Resinas Bulk Fill de base.....	13

3.2.2.2 Resina Bulk fill de activación sónica	13
3.2.2.3 Resina Bulk Fill de doble curado.....	13
3.2.3 Propiedades mecánicas	14
3.2.3.1 Profundidad de fotopolimerización	14
3.2.3.2 Contracción de polimerización	15
3.2.4 Formación de brecha marginal.....	15
3.2.5 Propiedades de manipulación	16
3.3 Sistemas adhesivos	16
3.3.1 Técnica de grabado y lavado	17
3.3.2 Técnica de autograbado (un paso o dos pasos).....	17
3.3.3 Sistemas adhesivos Universales.....	18
3.3.3.1 Características de los sistemas adhesivo universales	18
4 OBJETIVOS.....	22
4.1 Objetivo general:.....	22
4.1.1 Objetivos específicos:	22
4.2 Hipótesis:.....	22
5 METODOLOGÍA.....	23
5.1 Diseño del estudio	23
5.2 Universo de la Muestra.....	23
5.2.1 Criterios de la muestra	23
5.2.1.1 Criterios de inclusión del diente	23
5.2.1.2 Criterios de inclusión del segmento	23
5.2.1.3 Criterios de exclusión del diente	24
5.2.1.4 Criterios de exclusión de los segmentos	24
5.3 Técnicas, instrumentos y estandarización	24

5.3.1	Materiales y método.....	24
5.3.1.1	Selección de dientes.....	24
5.3.1.2	Preparación dental.....	24
5.3.1.3	Grupos de estudio	25
5.3.1.3.1	G1; CCA: Técnica incremental con grabado ácido.....	25
5.3.1.3.2	G2; CSA: Técnica incremental sin grabado ácido previo	28
5.3.1.3.3	G3 ; BCA: Técnica bulk fill con grabado ácido	28
5.3.1.3.4	G4; BSA: Técnica bulk fill sin grabado ácido Previo.....	30
5.3.1.4	Test de microtracción	30
5.3.1.5	Test de resistencia adhesiva.....	32
6	RESULTADOS	35
6.1	Estadísticos descriptivos por grupo	35
6.2	Tablas de frecuencias del tipo de fractura según el grupo	35
6.3	Evaluación del mejor sistema adhesivo.....	36
7	DISCUSIÓN.....	39
8	CONCLUSIONES	43
9	RECOMENDACIONES	44
	REFERENCIAS	45

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Estadísticos descriptivos, resistencia adhesiva por grupo	35
Tabla 2. Frecuencias para el tipo de fractura	35
Tabla 3. Resultados test de Tukey	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Premolar seccionado y pulido con papeles de carburo de silicio de grano 400 y 600	25
Figura 2. Aplicación de con ácido ortofosfórico 37% gel (3M)	26
Figura 3. Secado con una bolita de papel absorbente.....	26
Figura 4. Aplicación del adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania).....	27
Figura 5. Fotopolimerización con lámpara Elipar Deep Cure-L (3M ESPE).....	27
Figura 6. Incrementos de 1 milímetro de la resina compuesta convencional Filtek™ Z250, color A2 (3M ESPE, USA)	27
Figura 7. Aplicación del adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania).....	28
Figura 8. Aplicación del adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania).....	29
Figura 9. Incremento de 4mm de resina compuesta Filtek™ Bulk Fill (3M, USA)	29
Figura 10. Restauración con un solo incremento de resina compuesta Filtek™ Bulk Fill (3M, USA).....	30
Figura 11. Fijación de los dientes con godiva de baja fusión.....	31
Figura 12. Máquina de cortes seriados (IsoMet 1000 Precision Cutter, Buehler)	32
Figura 13. Cortes en sentido mesiodistal y vestíbulo-lingual, y un corte paralelo al plano oclusal.....	32
Figura 14. Medición con paquímetro digital.....	33
Figura 15. Palitos pegados con adhesivo Super glue (Gel control, Locitite)	33
Figura 16. Máquina de prueba universal (Microtensile, OM 100, Odeme Dental Research, Luzema, Brasil).....	34
Figura 17. Gráfico de barras, tipo de fractura según el grupo.....	36
Figura 18. Gráfico de medias	38

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema.

Las resinas compuestas debido a sus propiedades de adhesión micromecánicas, son consideradas en la actualidad como el material restaurador de elección, consiguiendo resultados estéticos favorables al momento de adherirse a la estructura dentaria (Pacheco, Gehrke, Ruiz, Gainza, 2015, p. 314).

En la actualidad, en busca de acelerar el tiempo de trabajo para realizar restauraciones directas, existen dos técnicas al momento de realizar restauraciones directas: la técnica incremental en la que aplica capas de resina de 2 mm para la restauración y la técnica en monobloque que utiliza 4 mm. En relación con la técnica incremental, se agrega capas de 2 mm de resina sucesivamente, esto se debe a que estos materiales presentan poca profundidad de fotopolimerización, de esta manera se controla los efectos de la contracción después de la fotopolimerización. (Leprince, Leveque, Nysten, Gallez, Devaux, Leloup, 2012, p. 513) (Campos, Ardu, Lefever, Jassé, Bortolotto, Krejci. 2014).

En cambio, la técnica monobloque, también conocido como técnica de una capa, se emplean resinas bulk; realizando incrementos de 4 mm, siendo esto posible por los cambios que se han realizado en su fórmula, para mejorar su polimerización. Al presentar mayor translucidez, tamaño de partículas de carga y concentración, tienen una buena profundidad de curado, además, generan menor estrés debido a que estas resinas tienen una menor tensión de contracción. Es así como estas resinas son indicadas para cavidades grandes, realizando restauraciones en un solo incremento (Calixto R., Massing N., Silva Júnior M. 2013)

Los factores a considerar al momento de realizar la adhesión en la estructura dentaria son: el sustrato sea en esmalte o dentina y el sistema adhesivo. En el

esmalte dental la adhesión se logra mediante el acondicionamiento ácido, con lo cual se obtiene una alta porosidad del esmalte, y de esta manera se aumenta su energía superficial; mientras que la adhesión en la dentina, se enfoca en formar una capa híbrida, produciendo una retención micro mecánica entre el tejido dentinario y la resina, en la que los monómeros polimerizados se encuentran dentro de las fibras de colágeno de la dentina (Spencer et al., 2010). Mediante una técnica adhesiva de grabado y lavado, se requiere mantener la humedad de la dentina para evitar el colapso de las fibras de colágeno, permitiendo una buena adhesión (Marshall et al., 2010).

La adhesión en dentina es más difícil que en esmalte; requiere de una técnica más sensible, debido a sus características funcionales y morfológicas, además; de la presencia de smear layer o capa de detritus. Debido a esta condición los adhesivos fueron modificados para poder presentar un carácter hidrofílico, capaz de ingresar en las porosidades de la dentina, ya que es relativamente húmedo (Loguercio et al., 2015).

Con la finalidad de proporcionar adhesión de las resinas a las estructuras dentarias, existen sistemas adhesivos de grabado y enjuague y sistemas autograbadores (Van Meerbeek B, et al, 2011). Tomando en cuenta la característica hidrofílica de la dentina, se desarrollaron los sistemas adhesivos universales con la incorporación de MDP y silano, este monómero MDP mejora la capacidad autograbante del adhesivo, además de facilitar la unión química, en cuanto al silano permite establecer una unión entre el adhesivo y la superficie, presentando ventajas como: selle marginal mediante grabado selectivo, grabado total y autograbado, aplicación en un solo paso. (Bader e Ibáñez, 2014).

Este estudio pretende conocer si la resina convencional o bulk, utilizando un sistema adhesivo universal con o sin grabado ácido previo, clínicamente nos permitan modificar los tiempos operatorios, como a su vez garantizar restauraciones duraderas.

2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, existe una variedad de materiales dentales para realizar restauraciones directas, los mismos que han ido evolucionando para mejorar sus propiedades, así como la aparición de sistemas adhesivos, cuya combinación implica una serie de pasos operatorios que bien pueden simplificar el tiempo de trabajo.

Este estudio busca comparar la resistencia adhesiva al utilizar un sistema adhesivo universal con y sin grabado ácido previo utilizando las resinas convencional y bulk, pretendiendo determinar cuál de las técnicas incremental o monobloque presentan las mejores propiedades y tiempos operatorios, para que de esta manera se pueda establecer el procedimiento más efectivo y garantizar restauraciones duraderas.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Resinas compuestas

Hoy en día resinas compuestas proporcionan excelentes características estéticas y mecánicas favorables, siendo utilizadas para realizar restauraciones tanto en el sector de dientes anteriores y en el sector posterior (Malhotra, Mala, y Acharya, 2011). Las resinas compuestas han reducido deliberadamente el tamaño de sus partículas para producir materiales que se pulen con mayor facilidad y eficacia demostrando mayor resistencia al desgaste. Los cambios actuales se centran en desarrollar sistemas con reducción de la contracción de la polimerización (Chen, 2010)

La contracción volumétrica es una propiedad intrínseca de la resina convencional causados por la aproximación de los monómeros durante la polimerización, es decir, cuando la distancia entre los monómeros se reduce debido a la conversión de las fuerzas débiles en enlaces covalentes de van der Waals (Kim, et al., 2016).

Están formadas por cuatro materiales químicamente diferentes: la matriz inorgánica, material de relleno o fase dispersa, la matriz orgánica o fase orgánica; y un agente de unión llamado silano. Con la finalidad optimizar la resistencia a la abrasión del material de restauración se adiciona partículas inorgánicas con mayor dureza a una matriz orgánica con menor dureza. Los rellenos inorgánicos dependiendo de su tamaño y contenido, son los encargados de proporcionar las propiedades ópticas, mecánicas, térmicas de las restauraciones dentales. Al adicionar contenido inorgánico se disminuye el volumen de la matriz orgánica influyendo en la disminución de la contracción y coeficiente de expansión térmica del material (Ferracane, 2011).

3.1.1 Clasificación de compuesto resinas

Las clasificaciones actuales de resinas compuestas son realizadas según el tamaño de las partículas de relleno inorgánico, el peso o porcentaje de volumen de las partículas, la forma en que se añaden a la matriz polimérica, viscosidad o métodos de polimerización.

Una clasificación con validez actual aprobada es la clasificación de Lutz y Philips que se basa en el tamaño y cantidad de relleno inorgánico.

3.1.1.1 Compuestos Megafill

Estos compuestos tienen un tamaño de partícula variable entre 50-100 μm y se conocen como "inserto". El uso de partículas de vidrio se recomienda en superficies oclusales desgastadas o en zonas muy desgastadas (Cangul y Adiguzel, 2017).

3.1.1.2 Compuestos Macrofill

Las desventajas más importantes de estos compuestos con un tamaño de partícula que varía de 10 a 100. μm son las dificultades en los procedimientos de acabado y pulido, la decoloración de la restauración en poco tiempo y acumulación de placa, son poco resistentes a las fuerzas de masticación, no son recomendados para uso en dientes posteriores (Cangul y Adiguzel, 2017).

3.1.1.3 Compuestos Midifill

Son conocidos como compuestos tradicionales con un tamaño de partícula de relleno de 1-10 μm y fueron desarrollados para minimizar las desventajas de los compuestos de macrofill. Presentan problemas tales como rugosidad y decoloración de la superficie como los compuestos de macrofill, su uso es limitado actualmente (Cangul y Adiguzel, 2017).

3.1.1.4 Compuestos Minifill

Presentan un tamaño de partícula de relleno de 0.1-1 μm son mejores que macrofill y midifill. Son compuestos de que tienen buena estética, pero tienen la desventaja de baja Resistencia a las fuerzas de masticación (Cangul y Adiguzel, 2017).

3.1.1.5 Compuestos de Microfibra

Estos compuestos tienen un tamaño de partícula de 0.01 0,1 μm y puede ser pulidas para mejorar la estética, forma, dar suavidad a la superficie y contienen partículas de sílice coloidal. Como este tipo de compuesto tiene baja resistencia a las fuerzas de masticación, generalmente no son recomendadas para cavidades de clase III, lesiones de clase V o en carillas (Cangul y Adiguzel, 2017).

3.1.1.6 Compuestos híbridos

Estos compuestos tienen partículas de relleno con un porcentaje entre 75% - 80% está formado por una mezcla de Relleno de partículas de diferentes tamaños y son un tipo de resina que combina las propiedades de micropartículas y resinas de macropartículas. Han sido desarrollados para combinar las propiedades físicas y químicas de los composites tradicionales, además, pueden pulidas (Cangul y Adiguzel, 2017).

3.1.1.7 Compuestos de Nanofill

Estas resinas son visibles en valores de longitud de onda de luz más pequeños, el tamaño de partícula de relleno es de 0.005-0.01 μm (2-20 nm). Mientras los nanocompuestos se utilizan con fines estéticos en los dientes anteriores, funcionan como absorbentes de estrés en dientes posteriores, también tienen ventajas como alta resistencia al desgaste y buena calidad

superficial. Se utilizan frecuentemente en restauraciones de región anterior por sus propiedades ópticas y estéticas son superiores (Cangul y Adiguzel, 2017).

Además de las propiedades de estos compuestos que pueden ser utilizados en restauraciones anteriores y posteriores, también son materiales estéticos, se puede pulir bien, son compatibles con la expansión térmica dental, tienen poca absorción de agua, muestran un desgaste similar a la estructura del diente, tienen buena resistencia y tienen alta radioopacidad para el esmalte.

Los compuestos híbridos se separan en tres grupos: tradicionales, microhíbridos y nanohíbridos. Los compuestos microhíbridos se forman como resultado de la combinación de partículas de tamaño submicrónico ($0.4 \mu\text{m}$) y partículas más pequeñas ($0.1 \mu\text{m} \rightarrow 1 \mu\text{m}$) que proporcionan un aumento en la manipulación y en las propiedades de pulido (Cangul y Adiguzel, 2017).

Los compuestos nanohíbridos son el resultado de la combinación de partículas de dimensión nanométrica. ($0.005 \mu\text{m} \rightarrow 0.01 \mu\text{m}$) y partículas de relleno de tipo tradicional. Son resinas compuestas universales que pueden ser utilizadas en restauraciones anteriores y posteriores combinando las propiedades positivas de microfill y compuestos híbridos, los nanofillers fortalecen la estabilidad a largo plazo y las propiedades de pulido de los compuestos de microfibras. La estabilidad mecánica obtenida de los composites híbridos se debe a las grandes partículas de relleno, las partículas de relleno de la superficie se eliminan con abrasión.

(Cangul y Adiguzel, 2017).

3.1.2 Fotopolimerización de las resinas compuestas.

Las resinas compuestas generalmente se fijan mediante la polimerización de los radicales libres, en un proceso que implica la reacción en cadena con la apertura de los dobles enlaces terminales carbono-carbono, en los monómeros de dimetacrilato. Hay tres pasos en el proceso general, comenzando con la

iniciación, seguido de propagación y terminación. En la etapa de iniciación, el iniciador se irradia típicamente con luz a la temperatura apropiada longitud de onda, y esto hace que se fracture en radicales libres. Esta fractura involucra la formación de dos especies reactivas que contienen un electrón no apareado, y la división de un enlace químico llamada fisión homolítica (Leprince et al., 2013). La alta reactividad de los radicales libres resultantes significa que reaccionarán fácilmente con moléculas de monómero cercanas, formando un radical aumentado a medida que se incorpora una molécula completa de monómero. Este proceso se repite muchas veces de forma rápida, haciendo que el polímero crezca rápidamente, esta rápida secuencia de adiciones de las moléculas de monómero se conoce como propagación y se caracterizan por la retención del electrón no apareado, con la consiguiente alta reactividad.

Finalmente, hay tantas moléculas de polímero en crecimiento en el sistema que aumenta la posibilidad de que dos centros radicales de electrones no apareados se unan, cuando esto sucede, el resultado es que los centros radicales se extinguen; esto puede ocurrir ya sea por combinación, en la que los electrones individuales no apareados de los radicales libres se emparejan para formar un enlace covalente, o por desproporción (Leprince et al., 2013).

3.1.3 Profundidad de fotopolimerización

La profundidad de curado está influenciada por la forma en que la luz se transmite a través de la resina compuesta. La interacción de la luz con el material es complicada y afectada por varios factores; parte de la luz puede reflejarse desde la superficie y no entrar en el compuesto en absoluto. Un poco de luz puede ser absorbida por el relleno y especialmente por los pigmentos [48], que es la razón por la que los tonos más oscuros tienen profundidades de curado más bajas que los más ligeros (Leprince et al., 2013).

Las partículas de relleno pueden reducir la transmisión de la luz por dispersión, un efecto que depende tanto del tamaño de partícula del relleno como de la

longitud de onda de la luz, así como también interfieren con la transmisión de la luz debido a la diferencia en Índice de refracción entre ellos y la fase matricial (Nicholson y Czarnecka, 2016).

3.1.4 Aplicaciones clínicas de las resinas compuestas.

La aplicación principal de las resinas compuestas en odontología contemporánea es como materiales de reparación directa en una variedad de cavidades de los dientes y se estima que el 95% de todos los dientes anteriores Las restauraciones y el 50% de todas las restauraciones posteriores ahora están hechas con resina compuesta. Además, también se están utilizando cada vez más como materiales de reparación indirecta para una serie de usos, como onlays e inlays, y como selladores de fisuras. (Petropolis, Pantzari, Nomikos, Chronopoulos y Kourtis, 2013).

3.1.5 Propiedades mecánicas

Además de sus buenas propiedades mecánicas, las resinas compuestas suelen mostrar poca conductividad térmica y absorción mínima de agua. Esto les permite proteger el diente por daño térmico cuando se consumen alimentos o bebidas calientes. También, el color y la apariencia permanecen estables durante largos períodos de tiempo, además de su uso para reparar los dientes dañados por caries, pueden ser utilizadas para reparar dientes dañados por un traumatismo, debido a su alta estética, dureza y durabilidad (Leprince et al., 2013).

En general, en aplicaciones directas, las resinas compuestas se construyen en incrementos. También se pueden utilizar en cavidades profundas en la denominada técnica sándwich, en la que El ionómero de vidrio (ya sea convencional o modificado con resina) se coloca primero a granel para garantizar adherencia a la dentina y también un buen sello marginal, con resina compuesta colocada en la parte superior para terminar la restauración. En

principio, los ionómeros de vidrio convencionales son Se prefiere en esta aplicación, ya que no filtran monómeros dañinos en una posición cercana a la pulpa (Nicholson y Czarnecka, 2016).

3.1.6 Técnica incremental

Las resinas compuestas tienen dificultad de polimerización y estrés. Se ha demostrado que, al elaborar restauraciones con resinas compuestas, se realiza técnica incremental de 2mm, sin excederse, con la finalidad de garantizar el fotocurado. El curado eficaz de las resinas compuestas es crucial para lograr las propiedades mecánicas, físicas, resistencia al desgaste y biocompatibilidad (Zorzin et al., 2015).

Al realizar una técnica incremental se disminuye la contracción de polimerización, mejora la adaptación marginal, disminuye formación de huecos, reduce las fugas marginales, disminuye la deformación cúspide lo que produce que sean más resistentes a las posteriores fracturas, y disminuye la sensibilidad postoperatoria. Una restauración que se construye en incrementos (técnica de estratificación) reduce eficazmente el estrés de polimerización minimizando el factor C (Malhotra, 2011, p. 118).

Es así, que al realizar restauraciones de gran profundidad se corren varios riesgos como la incorporación de burbujas, contaminación entre los incrementos colocados, además que el profesional tarda mucho tiempo realizando estas restauraciones (Malhotra et al., 2011, p. 18).

3.1.6.1 Técnicas para colocación de incrementos.

Los incrementos deben colocarse en paredes separadas e ir construyendo dos o más cúspides individualmente, existen varias técnicas de colocación de incrementos con la finalidad de reducir la contracción de las resinas compuestas.

- La primera capa de resinas compuesta se coloca y se fotocura. a través de la cuña de plástico seguida de una segunda capa que se coloca y se fotocura.oclusalmente
- Cuando se utiliza una matriz metálica oblicua, se utiliza la técnica de estratificación, colocando y fotocurando un incremento de 1 mm desde el piso de la encía, posteriormente se coloca incrementos de 2 mm oblicuamente para que no entren en contacto con la pared lingual.y pared bucal a la vez, siguiendo eliminación de la matriz, se fotocura a partir del lado lingual y bucal.
- En la técnica vertical después del incremento inicial, se colocan más incrementos utilizando un incremento vertical ancho y estrecho.
- Una técnica de incremento en forma de U, se colocan incrementos sin tocar las paredes lingual y bucal hasta producir incrementos en forma de "U" (Malhotra N, 2011).

3.2 Resinas bulk

Los materiales de restauración a base de resinas compuestas, son utilizados en la mayoría de casos, especialmente para realizar restauraciones posteriores.

Debido a que existen restauraciones de gran profundidad, se crearon las resinas bulk fill, utilizados en el sector posterior principalmente, se pueden colocar en incrementos únicos o más profundos. Se pueden colocar incrementos hasta de 4mm, lo que conduce a la reducción de tiempo de trabajo, por lo tanto, reducir la sensibilidad de la técnica. (Chesterman et al., 2017).

3.2.1 Composición

Las (RBF), son resinas de última generación que están compuestas de Bis GMA, UDMA, TEGMA, EBPDMA, sin embargo, se han añadido distintos

monómeros distintos como el monómero de Bowen, que permiten la colocación de capas gruesas, por tanto, simplificando y disminuyendo el tiempo de trabajo para el clínico al momento de realizar una restauración. Presentan buenas propiedades físicas y mecánicas, características de manejo y desgaste (Tauböck et al., 2017).

En el estudio realizado por Furness, 2014, muestra que las resinas bulk fill, también forman una brecha marginal, al igual que la resina convencional, o a su vez, utilizando una técnica incremental, o técnica de monobloque de 4 mm, la formación de espacio marginal en el piso de la pulpa es muy prominente, pudiendo aparecer sensibilidad posoperatoria, inflamación pulpar y caries recurrente (Furness, Yousef, Looney, y Rueggeberg, 2014).

Las resinas bulk fill, han sido introducidas en el mercado para mejorar el rendimiento de las restauraciones de resina compuesta, colocando incrementos de 4 mm., principalmente en las zonas posteriores, tienen mayores propiedades físicas y químicas para aguantar las tensiones masticatorias más elevadas. Por otra parte, al ser una técnica que requiere menor tiempo para su confección, disminuye el riesgo de atrapamiento de aire o contaminación por humedad. También se afirma que reducen deflexión cuspal y permiten la transmisión de luz para su correcta polimerización (Walter R, 2013) (Moorthy A, 2012).

3.2.2 Clasificación de las resinas bulk fill

Las resinas bulk fill se clasifican dependiendo de su uso: cuando se utilizan como base cavitaria son de viscosidad fluida, como material de restauración directa pueden ser de viscosidad fluida, activadas sónicamente y viscosidad normal. Se recomienda utilizar una porción adicional de resina compuesta convencional para mejorar las propiedades (Roggendorf, Krämer, Appelt, Naumann, y Frankenberger, 2011).

3.2.2.1 Resinas Bulk Fill de base

Las bases son materiales fluidos de baja viscosidad, curado por una luz requieren una capa convencional de resina convencional para limitar la restauración debido a la reducción de la resistencia al desgaste y propiedades de dureza, por consiguiente, restaurar eficientemente grandes cavidades (Le Prince et al., 2014).

3.2.2.2 Resina Bulk fill de activación sónica

Kerr ha producido Sonic Fill 2, son resinas de alta viscosidad que se convierte a una resina de baja viscosidad con el uso de vibraciones sónicas. (permitiendo que el material fluya hacia la cavidad). Los fabricantes afirman que el material contiene una resina compuesta altamente rellena, combinada con modificadores que son activados por la energía sónica, producido por una pieza de mano especialmente designada para reducir la viscosidad del material durante colocación. Por lo tanto, se puede aplicar en la cavidad como una resina fluida antes de regresar a un estado más viscoso que puede ser tallado o moldeado. Por ejemplo, puede ser utilizado para restaurar de manera eficiente las grandes cavidades de acceso después de la finalización del tratamiento del conducto radicular. Las propiedades fluidas resultantes del sonido y las vibraciones pueden llevar a una estrecha adaptación de la resina a las paredes de la cavidad, sin embargo, se debe tener cuidado para prevenir la creación de salientes y voladizos que pueden ser fácilmente retirados y pulidos después del ajuste oclusal (Chesterman, Jowett, Gallacher y Nixon, 2017).

3.2.2.3 Resina Bulk Fill de doble curado

Se ha fabricado resinas bulk fill de doble curado en el mercado. Combina tecnología química y de curado mediante la luz para permitir que la superficie de las restauraciones se fotopolimericen para el pulido, mientras que la profundidad total de la restauración se curará químicamente (Chesterman et al., 2017).

3.2.3 Propiedades mecánicas

3.2.3.1 Profundidad de fotopolimerización

Se logra una conversión adecuada de la resina no polimerizada, mediante la aplicación de aumentos de 2 mm de resina compuesta al momento de realizar restauraciones con resinas convencionales. La profundidad de fotopolimerización para un material puede variar por la sombra y la translucidez; los tonos más oscuros con mayor opacidad en realidad tienen una profundidad de curado menor en comparación con los tonos más ligeros como son las resinas más translúcidas (Ilie, Bucuta y Draenert, 2013).

Los fabricantes han intentado para aumentar la profundidad de fotopolimerización por una variedad de métodos que incluyen:

- Reducción del contenido de relleno.
- Aumento del tamaño de partícula de relleno
- El uso de foto iniciadores adicionales (Ilie et al., 2013).

Reducir el contenido de relleno y aumentar el tamaño de relleno de las resinas reduce la cantidad de dispersión en la interfaz de relleno de resina y aumenta la cantidad de luz absorbida. Eso puede activar el fotoiniciador Tetric EvoCeram Bulk-fill aumenta la profundidad de curado utilizando varios foto-iniciadores diferentes. Los fabricantes afirman que se trata de la adición de un fotoiniciador altamente reactivo, llamado Ivocerin que le permite ser polimerizado en incrementos más grandes, en comparación con los fotoiniciadores estándares tales como, camforquinona o lucirina (Ilie et al., 2013).

A pesar de estos cambios, la mayoría de estas resinas bulk fill de fotopolimerización son todavía limitados a ser utilizados en incrementos de 4–5 mm. Es importante tener en cuenta que algunos de los fabricantes recomiendan realizar la fotopolimerización con unidades de curado por luz LED

de alta intensidad. Otro factor a considerar es la caída de la intensidad de la luz cuando la distancia de la punta de la luz se aumenta. Los autores aconsejan tener precaución al intentar curar incrementos de 4 mm o más. Si la profundidad del incremento es demasiado grande y no se fotopolimeriza adecuadamente, puede presentarse sensibilidad postoperatoria, fuga marginal, caries y fallo mecánico de la restauración (Chesterman et al., 2017).

3.2.3.2 Contracción de polimerización

Se recomienda realizar incrementos con las resinas compuestas para disminuir la contracción de polimerización que se produce durante el curado, cuando las resinas no polimerizan, aumenta el factor C. El estrés de contracción puede llevar al fracaso de la restauración en el interfaz más débil que está entre el diente y material restaurador. Sin embargo, al mirar en el estrés de contracción específicamente, los estudios in vitro han demostrado que las resinas bulk fill muestran menor contracción que las resinas convencionales. SDR ha incluido un modulador de polimerización que interactúa con la camforquinona, para dar lugar a una elasticidad más lenta y desarrollo del módulo (Chesterman et al., 2017).

3.2.4 Formación de brecha marginal.

Al mirar la formación de brecha marginal y adaptación, los estudios no son concluyentes, algunos no han mostrado diferencia estadística entre una serie de resinas bulk fill con respecto a las resinas convencionales (Furness, Tadros, Looney y Rueggeberg, 2014), mientras que algunas publicaciones sugieren que hay una mejora del sello marginal con resinas bulk fill versus las resinas convencionales (Orlowski, Tarczydlo y Chalas, 2015). Un estudio adicional ha encontrado que cuando hay mayor viscosidad de relleno en la composición de las resinas bulk fill, formará una mayor brecha marginal (Agarwal, Hiremath, Agarwal y Garg, 2015). Un método para superar este problema con los materiales de alta viscosidad es ser calentado antes de ser colocados y / o

utilizando una resina bulk fill de baja viscosidad para sellar la base de la cavidad. Las resinas bulk fill de doble curado también han mostrado una adaptación marginal posterior aceptable al curado (Chesterman et al., 2017).

3.2.5 Propiedades de manipulación

Son de fácil aplicación, manipulables, se adhieren con facilidad a la estructura dentaria, lo que permite imitar la naturaleza del diente. Las resinas bulk fill presentan menor viscosidad que las resinas microhíbridas y nanohíbridas, debido a su relativa baja carga de relleno, siendo sus características más cercanas a las resinas fluidas convencionales. Sin embargo, las resinas fluidas son difíciles de esculpir (Corral Núñez, Vildósola Grez, Bersezio Miranda, Alves Dos Campos, y Fernández Godoy, 2015).

3.3 Sistemas adhesivos

La mayoría de los sistemas adhesivos fueron diseñados para promover la unión a la dentina a través de la interacción de monómeros hidrófilos con las fibrillas de colágeno expuestas en la superficie de la dentina después del grabado, se cree que las efectividades de los adhesivos actuales dependen de la fuga de monómeros con alta afinidad hidrofílica en la red de fibras de colágeno en la dentina grabada. Este enredo de monómeros con fibrillas de colágeno y cristales de hidroxiapatita residual forman un tejido híbrido conocido como zona de interdifusión de resina-dentina o capa híbrida (Cardoso et al., 2016).

Existen muchos adhesivos dentales disponibles en el mercado, se pueden clasificar según las técnicas de adhesión a los sustratos dentales: sistema de grabado y enjuague o también llamados de grabado total, sistema de autograbado o universal (Sezinando, 2014) (Lukomska et al., 2017).

3.3.1 Técnica de grabado y lavado

La técnica de grabado y lavado implica el grabado con ácido ortofosfórico tanto del esmalte como de la dentina, lo que resulta en una retención micromecánica de la resina a la estructura dental. El esmalte es un tejido que consiste principalmente (en 96% en peso) de una estructura cristalina sólida y dura: hidroxiapatita. Cuando se aplica ácido fosfórico, la hidroxiapatita se disuelve selectivamente, creando micro y macroporosidades que permiten la infiltración de monómeros de resina. Después de la polimerización, la resina se entrelaza dentro de las porosidades (Pashley et al., 2011).

Se ha demostrado que es posible lograr una unión eficiente y confiable al esmalte con la técnica de grabado y lavado, además, es considerado la mejor técnica en términos de durabilidad en odontología adhesiva. Sin embargo, en dentina sigue siendo un reto, principalmente debido a su composición más orgánica. La dentina es un compuesto biológico de hidroxiapatita (50% vol.) que envuelve colágeno (30% vol.) y agua (20% vol.). cuando se graba la dentina, el ácido desmineraliza la dentina intertubular, lo que resulta en la exposición de la red de colágeno superficial. La red se infiltra con la resina adhesiva, lo que conduce a la formación de la capa híbrida, responsable de la unión entre la resina y los tejidos dentales (Lukomska et al., 2017).

La dentina desmineralizada debe mantenerse húmeda para evitar que las fibrillas de colágeno se colapsen, simultáneamente, la dentina no debe estar demasiado húmeda, ya que un exceso de humedad evitará la impregnación total de los monómeros de resina con las fibrillas de colágeno (Pashley et al., 2011).

3.3.2 Técnica de autograbado (un paso o dos pasos)

Las técnicas de autograbado contienen monómeros hidrófilos ácidos que desmineralizan la dentina. y al mismo tiempo se infiltran. Debido al hecho de

que el pH de estos monómeros es mayor que la del ácido ortofosfórico, los adhesivos de autograbado desmineralizan la dentina de forma más superficial que los adhesivos de grabado y enjuague. No quitan la capa de frotis, pero la usan como un sustrato de unión y dejar tapones de frotis residuales en los túbulos de la dentina. Los adhesivos de autograbado no tuvieron un buen desempeño en el entorno clínico, presentando una serie de inconvenientes como disminución de la fuerza de adhesión inmediata y a largo plazo, aumento de nano-fugas después del envejecimiento. Por otra parte, debido a su mayor pH, los adhesivos de autograbado no pudieron grabar el esmalte a la misma profundidad que el ácido fosfórico, lo que resultó en una menor resistencia de la unión del esmalte que la lograda con el grabado con ácido fosfórico (Sokolowska et al., 2015).

3.3.3 Sistemas adhesivos Universales

Actualmente, existen sistemas adhesivos que necesitan grabado ácido total y de autograbado. En la búsqueda de mejorar la técnica adhesiva y por consiguiente, obtener un buen sellado marginal y fuerza adhesiva, se introducen en el mercado los sistemas adhesivos universales, que pueden ser usados o no con el ácido ortofosfórico, siendo de un uso más simplificado, ya que permiten la unión de diente- restauración, utilizando el mínimo de pasos (Batter e ibañez, 2014, p. 117).

3.3.3.1 Características de los sistemas adhesivo universales

Los adhesivos universales no deben ser confundidos con la séptima generación de los adhesivos, que son los adhesivos de autograbado de una sola botella, como iBond® (Heraeus Kulzer), Xeno® IV (DENTSPLY Caulk), Clearfil™ S3 Bond (Kuraray) y OptiBond® Todo en uno (Kerr Corporation). Además, los sistemas adhesivos universales, dependiendo de la situación clínica pueden ser utilizados con grabado total o selectivo (Gary 2015., p.17).

Estudios realizados demuestran que existe una reducción en la unión al esmalte al utilizar adhesivos de un solo paso, por lo que la aplicación de ácido previo mejora esta condición. Presenta un defecto, cuando se utiliza un agente grabador de baja viscosidad existe una escasa hibridación de la dentina. Al aplicar activamente el adhesivo, se obtienen mejores resultados, mejorando la interacción micromecánica de los adhesivos con el esmalte y la dentina (Loguercio et al., 2015).

Al usar sistemas adhesivos de autograbado, se recomienda realizar un grabado selectivo con ácido fosfórico antes de la aplicación del autoadhesivo. Sin embargo, clínicamente, puede ser difícil grabar con precisión solo el esmalte sin afectar la dentina expuesta (Takamizawa et al., 2016). Los sistemas adhesivos dentales pueden ser de uno, dos o tres pasos. Durante la aplicación de sistemas adhesivos de tres o dos pasos, por consecuencia del grabado ácido más la aplicación de aire las fibras de colágeno pueden colapsar disminuyendo la fuerza de adhesión. Para evitar el colapso de las fibras de colágeno, la dentina debe encontrarse húmeda (Chen et al., 2015).

Estudios in vitro a corto plazo, han demostrado que los adhesivos autograbadores después del grabado con ácido fosfórico en la dentina, presentan una disminución en las resistencias de enlace. La interacción entre adhesivos autograbables y dentina podría verse afectada por la eliminación de hidroxapatita del sustrato (Farias, Caldeira De Andrada, Boushell, & Walter, 2016)

Los monómeros funcionales son los ingredientes principales de los adhesivos autograbantes recientemente desarrollados, ya que juegan un papel importante en la adhesión química a la dentina. Hace treinta años, un fabricante dental (Kuraray Noritake Dental Inc., Tokio, Japón) incorporó dihidrógeno de 10-metacrilóiloxidecilo fosfato (10-MDP) como monómero funcional en sus adhesivos dentales. El grupo fosfato del MDP interactúa con el hidroxapatito y contribuye significativamente a la durabilidad a largo plazo de la interfaz resina-dentina (Yoshihara et al., 2011).

Los adhesivos basados en 10-MDP (metacrililoiloxi-decil-dihidrógeno-fosfato), 4-MET (4-metacriloxietilo ácido trimelítico) y fenil-P (N-fenil-p-fenilendiamina) pueden unirse químicamente a los cristales de hidroxiapatita de la dentina a través de interacciones electrostáticas de los enlaces iónicos formados con los iones de calcio de los cristales de hidroxiapatita, resultando en una sal de calcio MDP insoluble. Por otra parte, los grupos fosfato en MDP, forman enlaces covalentes con los grupos fosfato correspondientes de cristales de hidroxiapatita para formar sales insolubles (Yoshihara et al., 2011). La continua deposición de capas sucesivas de estas sales sobre la superficie exterior del cristal de hidroxiapatita es un proceso conocido como "nanolayering" (Yoshihara et al., 2011) (Yoshida et al., 2012).

Single Bond Universal, similar a otros adhesivos de autograbado, tiene monómeros ácidos que simultáneamente acondicionan y preparan el sustrato. El metacriloxidodecil fosfato (MDP) es el monómero funcional que se une químicamente al calcio de la hidroxiapatita, formando fosfato de calcio, lo que reduce los pasos en el desempeño clínico. Los adhesivos de autograbado solo interactúan superficialmente con el esmalte y dentina y apenas disuelve los cristales de hidroxiapatita (Munari et al., 2018).

Los adhesivos universales debido a sus versátiles indicaciones de uso. Se pueden usar como adhesivos de autograbado, adhesivos de grabado y enjuague, o como adhesivos de autograbado sobre dentina y adhesivos de lavado y enjuague sobre el esmalte (una técnica comúnmente conocida como "grabado selectivo del esmalte" (Hanabusa et al., 2012). Algunos adhesivos universales contienen silano en su formulación, eliminando potencialmente la etapa de silanización. No obstante, se sabe que los adhesivos con un procedimiento simplificado están asociados con la falta de integridad marginal apropiada, marginal la decoloración y la pérdida de retención de los empastes adheridos adhesivamente a la dentina (Hanabusa et al., 2012).

Muchos autores han sugerido modificar el método de aplicación de los adhesivos de autograbado de una botella para mejorar sus propiedades. Estas modificaciones incluían la creación de una capa adhesiva gruesa, con la cual se esperaba que equilibrara efectivamente la tensión entre la interfaz del compuesto-diente. Se encontró que cuanto mayor es el espesor, más elástica es la capa adhesiva, por lo tanto, la deformación de la resina suprimió la tensión (Blaszczec et al., 2015).

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general:

Comparar la resistencia adhesiva, de las resinas convencionales y bulk adheridas a dentina con un sistema adhesivo universal con y sin grabado ácido previo.

4.1.1 Objetivos específicos:

- Conocer qué resina posee mejor resistencia adhesiva a la microtracción
- Identificar el tipo de fractura que ocurre después del test de microtracción en cada espécimen.
- Determinar qué técnica con y sin grabado ácido previo genera mejor adhesión de la resina con el sustrato dentinario.

4.2 Hipótesis:

Hipótesis nula

No existe diferencia significativa de la resistencia adhesiva entre las resinas convencional y bulk adheridas a dentina con un sistema adhesivo universal con y sin grabado ácido previo.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia significativa de la resistencia adhesiva al utilizar resina convencional adheridas a dentina con un sistema adhesivo universal con grabado ácido previo.

5 METODOLOGÍA

5.1 Diseño del estudio

De acuerdo al enfoque: *Cuantitativo*, se establece una comparación entre el uso de las resinas convencional versus bulk utilizando un sistema adhesivo universal previo al grabado ácido o no.

Finalidad: *Experimental*, se utilizará premolares extraídos por motivos ortodónticos, a los mismos que se les realizará diferentes protocolos de restauración, usando diferentes materiales dentales propuestos para el presente estudio.

Cronología: Aleatorizado – transversal

5.2 Universo de la Muestra

Universo: Premolares extraídos por motivos ortodónticos

Muestra: Para cada grupo se asignan 5 premolares, habiendo un total de 4 grupos.

Muestra total: 20 premolares

5.2.1 Criterios de la muestra

5.2.1.1 Criterios de inclusión del diente

- Premolares sanos
- Premolares libres de caries

5.2.1.2 Criterios de inclusión del segmento

- Segmentos íntegros

5.2.1.3 Criterios de exclusión del diente

- Premolares con caries
- Premolares fracturados
- Premolares restaurados

5.2.1.4 Criterios de exclusión de los segmentos

- Segmentos fracturados
- Segmentos que presenten solo diente
- Segmentos que presenten solo resina

5.3 Técnicas, instrumentos y estandarización

5.3.1 Materiales y método.

5.3.1.1 Selección de dientes

Se seleccionaron 20 premolares erupcionados, con ausencia de caries y con indicación de extracción por motivos ortodónticos, los cuales fueron almacenados en agua destilada, se procedió a limpiar superficies radiculares mediante un ultrasonido con la finalidad de eliminar cálculos y restos del ligamento periodontal (Bader Mattar & Ibáñez Musalem, 2014).

5.3.1.2 Preparación dental

Las raíces de los premolares fueron seccionadas a nivel de la unión cemento-adamantina con una turbina y fresa de diamante cilíndrica grano grueso correctamente refrigeradas; seguidamente fueron despulpados con una cuchareta, y se obturo con resina las cámara pulpar, posteriormente se desgastó parte de la corona clínica en sentido mesio-distal, dejando una superficie oclusal netamente dentinaria recta y uniforme por completo, la cual fue pulida con papeles de carburo de silicio de grano 400 y 600 (Figura 1), respectivamente, para obtener una superficie de dentina uniforme. Una vez

preparados los especímenes fueron almacenados en recipientes estériles con agua destilada hasta la restauración. Después los dientes fueron divididos aleatoriamente de la siguiente manera (n=5).



Figura 1. Premolar seccionado y pulido con papeles de carburo de silicio de grano 400 y 600

5.3.1.3 Grupos de estudio

5.3.1.3.1 G1; CCA: Técnica incremental con grabado ácido.

Se realizó el grabado ácido en dentina con ácido ortofosfórico 37% gel (3M) (Figura 2), aplicando en dentina por 10 segundos, pasado los 10 segundos se lavó con la jeringa triple por 30 segundos; a continuación, se secó con una bolita de papel absorbente, para no desecar la dentina (Figura 3). Posteriormente, con un aplicador se frotó por 20 segundos el adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania) en toda la preparación dentaria (Figura 4), después se airea suavemente durante 5s con la jeringa triple, y se fotoactivó por 20 segundos a una distancia de 1mm con una lámpara de

fotocurado a una potencia de 1470 mW/cm^2 (Elipar Deep Cure-L, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) (Figura 5),

Finalmente se realizó 4 incrementos de 1 milímetro de la resina compuesta convencional Filtek™ Z250, color A2 (3M ESPE, USA) cada incremento fue fotoactivado por 20 segundos desde oclusal a 1 mm de distancia de la restauración. (Figura 6).



Figura 2. Aplicación de con ácido ortofosfórico 37% gel (3M)



Figura 3. Secado con una bolita de papel absorbente



Figura 4. Aplicación del adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania)

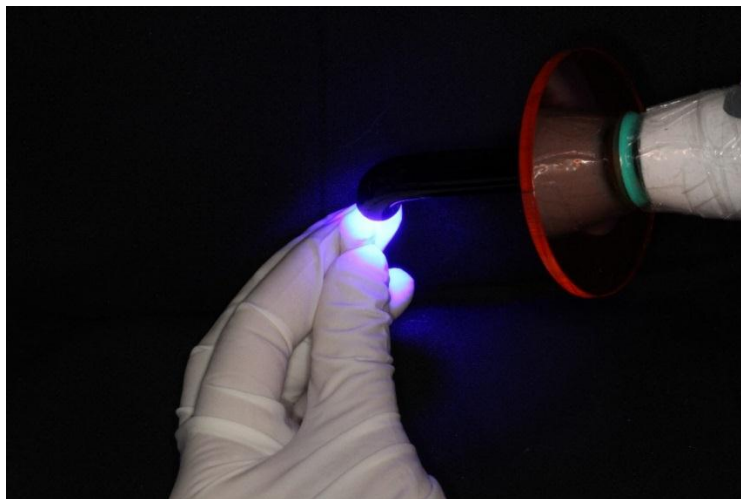


Figura 5. Fotopolimerización con lámpara Elipar Deep Cure-L (3M ESPE)

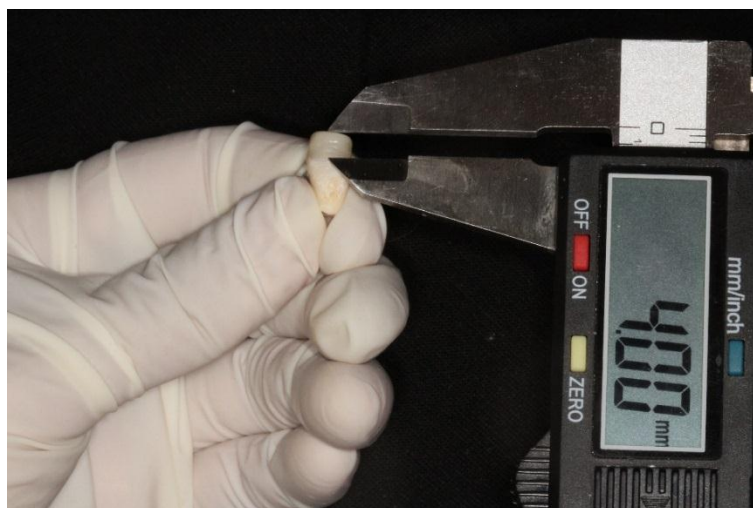


Figura 6. Incrementos de 1 milímetro de la resina compuesta convencional Filtek™ Z250, color A2 (3M ESPE, USA)

5.3.1.3.2 G2; CSA: Técnica incremental sin grabado ácido previo

En la superficie dentinaria del premolar preparado, con un aplicador, se frotó durante 20 segundos el adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE, Alemania) (Figura 7), después se airea suavemente durante 5s con la jeringa triple, se fotoactiva por 20 segundos a una distancia de 1mm con una lámpara de fotocurado a una potencia de 1470 mW/cm² (Elipar Deep Cure-L, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), finalmente realizar 4 incrementos de 1 milímetro de la resina compuesta convencional Filtek™ Z250, color A2 (3M ESPE, USA) cada incremento es fotoactivado por 20 segundos desde oclusal a 1 mm de distancia de la restauración.

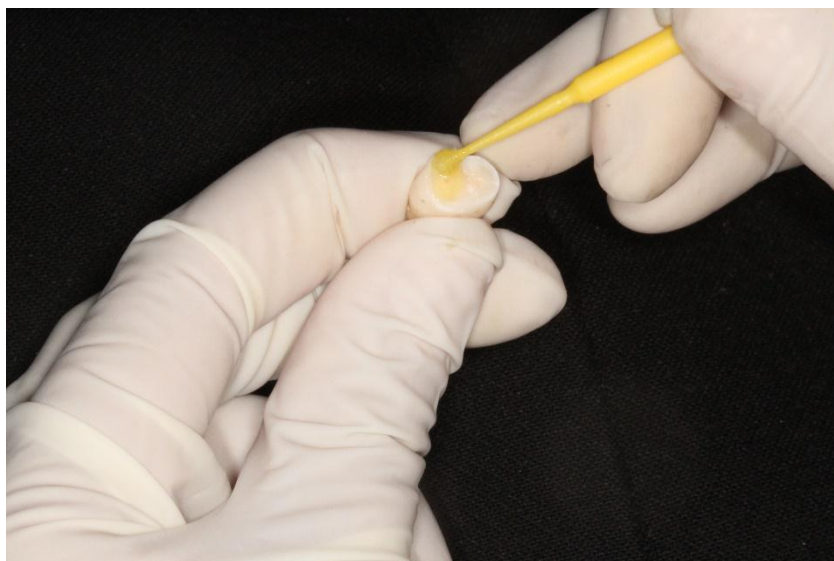


Figura 7. Aplicación del adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania)

5.3.1.3.3 G3 ; BCA: Técnica bulk fill con grabado ácido

Al igual que en el grupo 1, se realizó el grabado ácido en dentina con ácido ortofosfórico (3M) en gel al 37%, por 10 segundos, pasados los 10 segundos, se lavó por 30 segundos, a continuación, se secó con una bolita de papel absorbente. Posteriormente, con un aplicador, se frotó por 20 segundos el adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania) en toda la preparación (Figura 8), después se aireó suavemente durante 5 segundos con

la jeringa triple, se fotoactivó por 20 segundos a una distancia de 1mm con una lámpara de fotocurado a una potencia de 1470 mW/cm^2 (Elipar Deep Cure-L, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Se realizó la restauración con resina compuesta Filtek™ Bulk Fill (3M, USA) (Figura 9), colocando 1 incremento de 4mm (Figura 10) , finalmente se fotoactivó con luz halógena, por 40 segundos desde oclusal a 1 mm de distancia de la restauración.



Figura 8. Aplicación del adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania)



Figura 9. Incremento de 4mm de resina compuesta Filtek™ Bulk Fill (3M, USA)

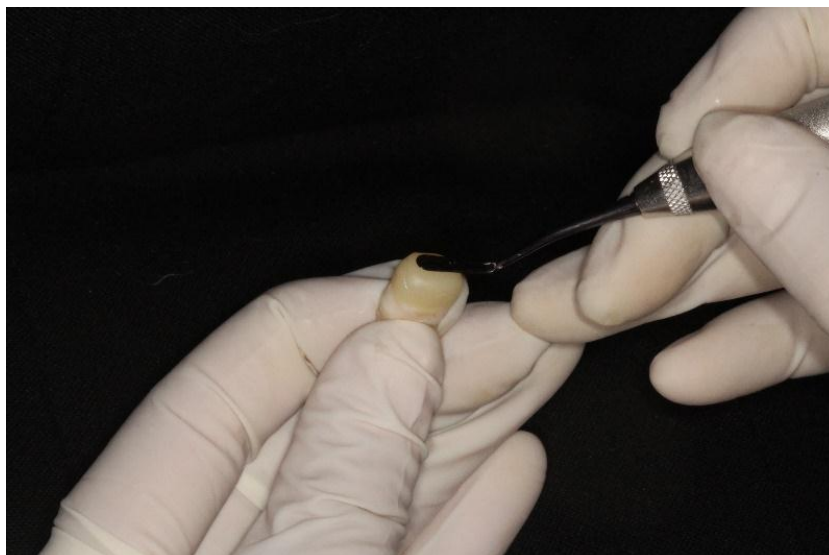


Figura 10. Restauración con un solo incremento de resina compuesta Filtek™ Bulk Fill (3M, USA)

5.3.1.3.4 G4; BSA: Técnica bulk fill sin grabado ácido previo

En la dentina, con un aplicador, se frotó durante 20 segundos el adhesivo Single Bond Universal® (3M/ESPE®, Alemania), después se aireó suavemente durante 5s con la jeringa triple, se fotoactivó por 20 segundos a una distancia de 1mm con una lámpara de fotocurado a una potencia de 1470 mW/cm² (Elipar Deep Cure-L, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Se realizó la restauración con resina compuesta Filtek™ Bulk Fill (3M, USA), colocando 1 incremento de 4mm, finalmente se fotoactivó con luz halógena por 40 segundos desde oclusal a 1 mm de distancia de la restauración.

5.3.1.4 Test de microtracción

Una vez que se realizó las restauraciones, los dientes fueron recolectados en suero fisiológico en recipientes estériles durante un periodo de veinticuatro horas. Los dientes fueron colocados con godiva de baja fusión sobre un dispositivo (Figura 11), para ser cortados con un disco de diamante con la ayuda de una máquina de cortes seriados (IsoMet 1000 Precision Cutter, Buehler), a una velocidad de 450 rpm (Figura 12), con abundante irrigación de agua. Los cortes fueron realizados hasta obtener especímenes en forma

“palito” con un espesor de $\pm 0,1\text{mm}^2$ de sección transversal, a partir de cortes en sentido mesiodistal y vestibulo-lingual, y un corte paralelo al plano oclusal (Figura 13).

Se desecharon los palitos que solo tienen resina o diente o se fracturaron durante la medición. Posteriormente todos los palitos fueron medidos inmediatamente y sometidos al test de resistencia adhesiva de micro-tracción.



Figura 11. Fijación de los dientes con godiva de baja fusión



Figura 12. Máquina de cortes seriados (IsoMet 1000 Precision Cutter, Buehler)

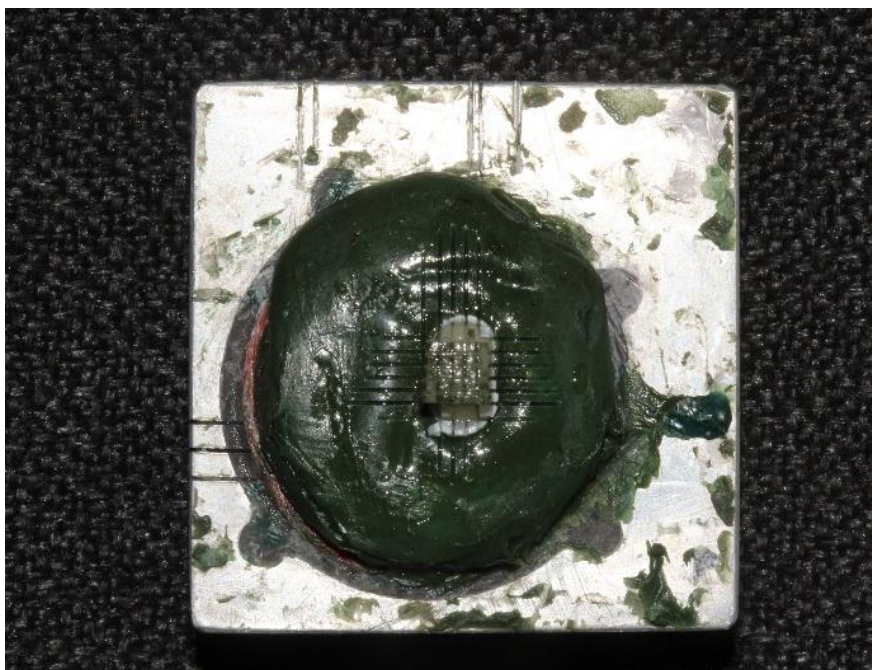


Figura 13. Cortes en sentido mesiodistal y vestibulo-lingual, y un corte paralelo al plano oclusal

5.3.1.5 Test de resistencia adhesiva

A continuación, cada uno de los palitos fueron medidos a nivel de la unión diente-resina en sentido transversal mediante un paquímetro digital e inmediatamente fueron pegados con un adhesivo Super glue (Gel control, Locitite) al dispositivo de micro-tracción (Figura 14 y 15), quedando el área de adhesión perpendicular a la fuerza de tracción, se realizó el test de microtracción en una máquina de prueba universal (Microtensile, OM 100, Odeme Dental Research, Luzema, Brasil) a una velocidad de cruceta de 0.5 mm/min hasta el instante en que se efectuó la fractura (Figura 16), una vez obtenidas las mediciones los datos obtenidos fueron registrados en un formulario.

Posteriormente se evaluó el tipo de fractura, clasificándolos en cuatro grupos: Fractura en dentina, Adhesiva (A), Mixta (M), Fractura en resina. Los datos estadísticos de la resistencia adhesiva serán analizados por ANOVA y de Tukey ($p < 0,05$) (Ruan-Antury, Gomes, Uribe Echevarría, y Gomes, 2006)



Figura 14. Medición con paquímetro digital



Figura 15. Palitos pegados con adhesivo Super glue (Gel control, Loctite)



Figura 16. Máquina de prueba universal (Microtensile, OM 100, Odeme Dental Research, Luzema, Brasil)

6 RESULTADOS

6.1 Estadísticos descriptivos por grupo

Se calculan los estadísticos descriptivos de resistencia adhesiva (MPa) según el grupo al que pertenecen. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos, resistencia adhesiva por grupo

Parámetro	CCA	CSA	BCA	BSA
Muestra	100	100	100	100
Media	36,328	21,299	32,811	24,745
Mediana	36,649	20,968	32,881	23,434

La información en la tabla 1 muestra que la resistencia adhesiva promedio es mayor en el CCA (36,328MPa). Esto quiere decir, a priori, que la resina convencional utilizada con técnica incremental, grabado ácido previo en dentina y adhesivo universal genera la mayor resistencia.

6.2 Tablas de frecuencias del tipo de fractura según el grupo

La información mostrada en la tabla 2 y figura 17 expresa que la gran parte de fracturas son adhesivas en todos los grupos, por lo que, se considera como la fractura más frecuente después del test de microtracción, con un rango entre 75% y 93%. Esto indica que la mayoría de veces las fracturas son adhesivas. Además, el hecho de que se presente al menos una fractura en resina en cada grupo, refleja que, independientemente de la técnica empleada, siempre hay una probabilidad baja de que la fractura sea en resina.

Tabla 2. Frecuencias para el tipo de fractura

Fractura	CCA	CSA	BCA	BSA
Adhesiva	93	75	87	92
Mixta	4	8	0	0
Dentina	2	1	8	7
Resina	1	16	5	1
TOTAL	100	100	100	100

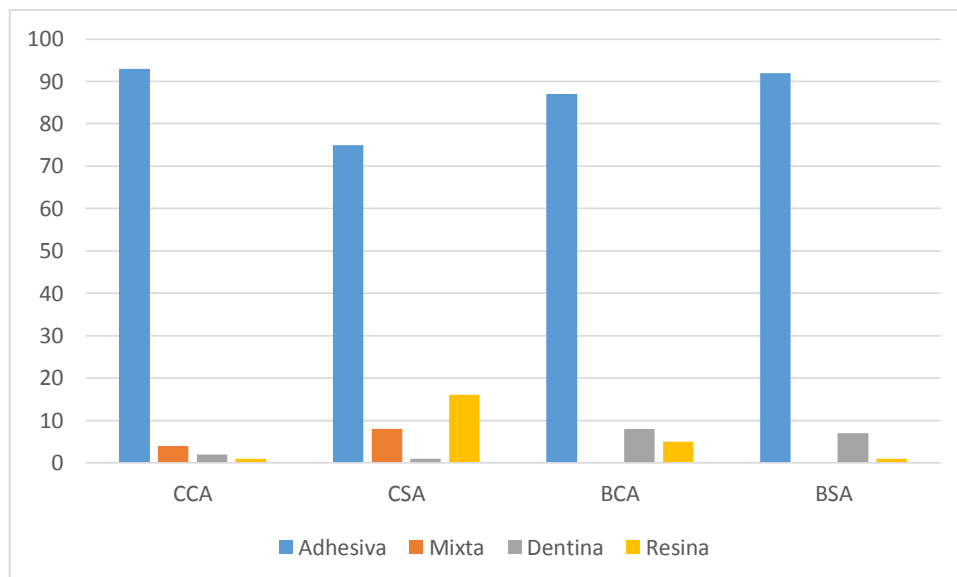


Figura 17. Gráfico de barras, tipo de fractura según el grupo

6.3 Evaluación del mejor sistema adhesivo

Analizar el sistema adhesivo más eficiente requiere contrastar información específica a partir de los datos obtenidos, y establecer si existe una diferencia significativa en los valores utilizando herramientas de análisis y procesamiento de información. En primera instancia se ejecuta el test de Tukey por medio del programa SPSS, y el método ANOVA de un factor del programa Epidat para comparar la confiabilidad de los resultados.

La figura 5 muestra los resultados del test de Tukey. El valor de la columna Sig. Permite rechazar o validar la hipótesis de que existe una diferencia significativa entre la resistencia adhesiva de cada grupo. Si el valor P es menor al 5%, existe una diferencia significativa entre los valores. Por otro lado, de ser mayor, implicaría que no existe diferencia significativa. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Los resultados entre los grupos CSA y BSA son significativamente iguales, dado que el valor P es mayor al 5%.
- Los resultados entre los grupos CCA y BCA son significativamente iguales, con un valor P del mayor al 5%, por lo cual todas ambas alternativas representan el mejor sistema adhesivo.

- Los resultados entre los grupos (CCA, BCA) y (CSA, BSA) son significativamente distintos, por lo que los primeros constituyen una mejor alternativa que los segundos.

Tabla 3. Resultados test de Tukey

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente:							
(I) Grupo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey	CCA	CSA	15,0291560*	1,5190661	0,000	11,110007	18,948305
		BCA	3,5172240	1,5190661	0,096	-0,401925	7,436373
		BSA	11,5830840*	1,5190661	0,000	7,663935	15,502233
	CSA	CCA	-15,0291560*	1,5190661	0,000	-18,948305	-11,110007
		BCA	-11,5119320*	1,5190661	0,000	-15,431081	-7,592783
		BSA	-3,4460720	1,5190661	0,107	-7,365221	0,473077
	BCA	CCA	-3,5172240	1,5190661	0,096	-7,436373	0,401925
		CSA	11,5119320*	1,5190661	0,000	7,592783	15,431081
		BSA	8,0658600*	1,5190661	0,000	4,146711	11,985009
	BSA	CCA	-11,5830840*	1,5190661	0,000	-15,502233	-7,663935
		CSA	3,4460720	1,5190661	0,107	-0,473077	7,365221
		BCA	-8,0658600*	1,5190661	0,000	-11,985009	-4,146711

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

La información en la tabla 3 y figura 18 muestran un elemento en común que presentan los grupos con mayor resistencia adhesiva. En los grupos CCA y BCA se realizó un grabado total. Esto implica que el grabado total aumenta la resistencia adhesiva.

En cuanto al sistema adhesivo que garantiza una mejor adhesión diente-resina, el grupo CCA presenta el valor más elevado (grabado total, adhesivo universal, técnica incremental). Sin embargo, dado que no existe diferencia significativa con el grupo BCA, ambas son las mejores alternativas para asegurar mayor resistencia adhesiva.

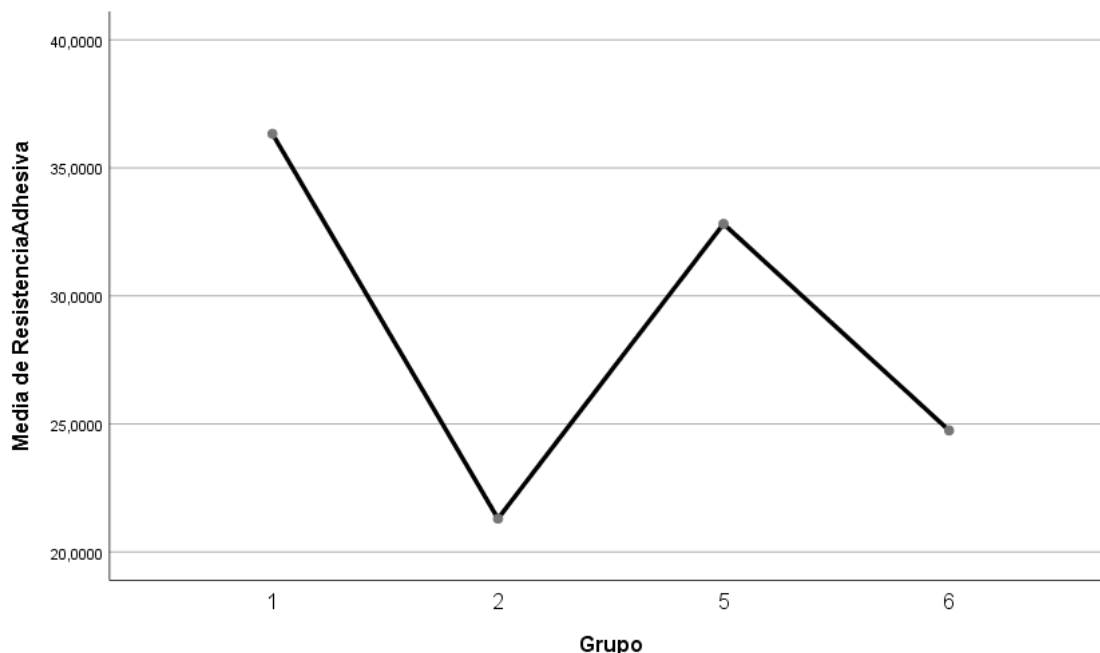


Figura 18. Gráfico de medias

Finalmente, según los objetivos propuestos se determina lo siguiente:

- La resina convencional posee mejor resistencia adhesiva a la microtracción, sin embargo, la diferencia no es significativa en relación a la resina bulk, por lo que ambas constituyen una buena alternativa. Además, dentro de la investigación, el elemento que asegura la resistencia adhesiva máxima es el grabado total, ya que sin grabado se genera una menor resistencia.
- El tipo de fractura que ocurre después del test de microtracción en cada espécimen es adhesiva.

En relación a la hipótesis, se establece las siguientes afirmaciones:

- Existe diferencia significativa de la resistencia adhesiva entre las resinas convencional y bulk adheridas a dentina con un sistema adhesivo universal con y sin grabado ácido previo.

Por lo tanto, se valida la hipótesis de investigación.

7 DISCUSIÓN

Diversos estudios han comparado los resultados de técnicas incrementales y bulk con respecto a fuerza de adherencia, tensión de polimerización, deflexión cúspide, ancho de brecha y microfiltración; para determinar las propiedades de las resinas compuestas versus las resinas bulk, al momento de realizar restauraciones en cavidades grandes y de esta manera disminuir la contracción de polimerización, que es una de las causas principales para el fracaso de las restauraciones profundas (Han y Parck., 2018).

Las diferentes investigaciones de Reis y otros (2003); Nikolaenko y otros. (2004); Chikawa y otros (2006); Han y Parck (2018, p. 2); coinciden que, la técnica incremental muestra una mayor fuerza de unión que la técnica bulk en cavidades con una profundidad de 4mm y 5mm, resultados que concuerdan con los obtenidos en este estudio, en donde, la técnica incremental mostró mejores valores ($p < 0,00$) según la prueba de tukey en relación a la fuerza de microtracción con la técnica bulk, presentando una diferencia estadísticamente significativa. Mientras que en los estudios realizados por Van Ende y otros. (2012), Van Ende y otros. (2013), Han y Parck (2018, p. 2), en donde las cavidades fueron menores a 4 mm, no obtuvieron diferencias entre las dos técnicas, debido a que presentaron un bajo factor C; concluyendo que la adhesión puede verse afectada en la efectividad de estas técnicas según del tamaño y configuración de la cavidad.

Los resultados de los estudios in vitro, que evalúan la unión de adhesivos autograbadores dependen del protocolo de tratamiento de la superficie de la dentina; la mayoría de los nuevos sistemas adhesivos, muestran la versatilidad de poder ser utilizados tanto en modo de grabado y enjuague y modo de auto-grabado, sin embargo; la variación en los resultados puede atribuirse a la diferencia en la composición química entre estos adhesivos; como se observó en el estudio de Wagner y otros. (2014, p. 4), donde evaluaron la fuerza de unión de 3 diferentes adhesivos universales mediante pruebas de microtracción

aplicados en 2 versiones diferentes, autograbado o grabado y enjuague, los resultados revelaron que la etapa de grabado previo no afectó significativamente la resistencia de la unión. Sin embargo, todas las muestras pre-grabadas mostraron mejor penetración de los adhesivos a la dentina y capas híbridas más gruesas, pero no afecta su fuerza de unión a la dentina después de 24 horas o después del termociclado durante 5000 ciclos.

Adicionalmente, en el estudio de Chen y otros. (2015, p. 525), no mostró diferencia significativa de los adhesivos universales en la unión a la dentina entre los modos de aplicación de grabado y enjuague y autograbado. Las capas híbridas creadas por estos adhesivos en el modo de unión de grabado y enjuague y el modo de unión de auto-grabado tenían un espesor de $\approx 5\mu\text{m}$ y $\leq 0.5\mu\text{m}$ respectivamente.

Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio mediante las pruebas de microtracción mostraron que la técnica incremental con grabado total y adhesivo Single Bond Universal genera la mayor resistencia y la misma técnica sin grabado y adhesivo universal genera el menor valor. Coincidiendo con el estudio de Muñoz y otros. (2015, p. 6), en el cual, informaron que esta nueva categoría de adhesivos universales en modo autograbado, exhibieron valores inferiores de resistencia de unión en comparación con los adhesivos de control "convencionales" y explican que esto es debido a que Single Bond Universal está compuesto por MDP y PAC (copolímero de ácido polialquenoico). En este caso informaron que PAC podría competir con el monómero MDP en los sitios de unión al calcio de los cristales de hidroxiapatita, y debido a su alto peso molecular, podría incluso impedir la aproximación de monómeros durante la polimerización, dañando el enlace químico de MDP a la dentina y afectando adversamente la fuerza de enlace. Además, se demostró que el metacrilato de 2-hidroxietilo competía con MDP mediante la unión al calcio de hidroxiapatita, disminuyendo la fuerza de unión a la dentina (Yoshihara, et al, 2010) (Turp, et al, 2013).

En esta investigación los mejores resultados se obtuvieron en relación a la microtacción en los grupos que se realizó grabado ácido previo a la colocación del adhesivo Single Bond Universal en comparación de los grupos que solo se utilizó el adhesivo Single Bond Universal, esto se debe a que la interfase o capa híbrida que se forma es más grande y gruesa realizando el grabado ácido previo, debido a que al realizar grabado ácido y lavado, se elimina el smear layer favoreciendo la penetración de monómeros que posteriormente polimerizan, mientras que aplicando el adhesivo universal la capa híbrida es más fina y delgada, debido a que se tiene que unir con el barrillo dentinario, como lo explica Batter e Ibañez (2014, p.121), en su estudio “Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo”,

En el metanálisis de Elkaffas y otros. (2018, p. 13) los resultados de resistencia de unión mediante las pruebas de microtracción para Scotchbond Universal fue de 37.07 ± 2.12 MPa para el modo de grabado y enjuague; mientras que para el modo de autograbado de 35.81 ± 2.64 MPa. En el presente estudio, muestra que la resistencia adhesiva promedio es (36,328MPa), para el modo grabado y enjuague, valor que se encuentra dentro del rango obtenido en los resultados del meta-análisis “Do universal adhesives promote bonding to dentin? A systematic review and meta-analysis” realizado por Elkaffas y otros. (2018), esto quiere decir, a priori, que la técnica incremental con grabado total y adhesivo universal genera la mayor resistencia, en comparación con el modo de autograbado se registra un valor promedio de (25,39 MPa), valor que difiere en comparación con el estudio de Elkaffas y otros. (2018); sin embargo, dicho resultado se encuentra cercano a los valores obtenidos en el estudio de Muñoz y otros. (2015, p. 8), en los cuales obtuvo el valor de (20.9 +- 4.1 MPa), para el adhesivo Allbond Universal de BISCO en modo autograbado, debido a que contiene más disolvente el cual puede quedarse retenido en la capa híbrida impidiendo una buena adhesión diente / resina, por consecuencia, la interfaz del adhesivo se vuelve más permeable después de la polimerización y por lo tanto, más propensos a la degradación a lo largo del tiempo, por lo que la

presencia de PAC es más importante para los adhesivos de grabado y enjuague que para los de autograbado. Algunos autores han indicado que la función de PAC es mejorar la estabilidad a la humedad, un factor crucial para los adhesivos de grabado y enjuague. la cual, debido a la desmineralización de la dentina, técnica que se vuelve sensible en comparación con la de los adhesivos de autograbado (Muñoz et al.,2015).

La evaluación del patrón de fractura ayuda a explicar la variación en la fuerza de unión a través de diferentes sistemas adhesivos de autograbado. Sin embargo, los resultados con respecto a los patrones de falla en los estudios revisados de Muñoz y otros. (2015, p. 3) Chen y otros. (2015, p. 529), mostraron una amplia variación, pero el patrón de falla adhesiva / mixta fueron los que predominan en estos estudios, mientras que las fallas en resina y dentina fueron muy pocos. El fracaso mixto era común cuando se realizaron pruebas de microtensilidad a velocidades de prueba más altas. En los estudios de Chen y otros. (2015, p. 528), aumentando la velocidad de la cruceta de 0.5 a 1,0 mm / min resultó en una alta frecuencia de falla mixta.

Mientras que los resultados de este estudio muestran que la mayoría de fracturas son adhesivas en todos los grupos, por lo que, se considera como la fractura más frecuente después del test de microtracción. Perdigão y otros (2012) y Wagner y otros. (2014, p. 4) otros autores concluyeron que los patrones de falla adhesiva se asociaron con una alta resistencia de valores de adhesión.

8 CONCLUSIONES

- ✓ Se concluye que la resistencia adhesiva de la resina convencional, usando la técnica de grabado ácido previo más el sistema adhesivo universal Single Bond presentó los mejores resultados, en comparación con la técnica bulk y aplicación del sistema adhesivo universal Single Bond
- ✓ La resina convencional y la resina bulk, no muestran diferencias significativas, por tanto, ambas constituyen una buena alternativa.
- ✓ El tipo de fractura, que se presenta en todos los test de micro tracción, es la fractura adhesiva.
- ✓ La resistencia adhesiva muestra mejores resultados en aquellos grupos tuvieron un grabado ácido previo y adhesivo Single Bond Universal.

9 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar restauraciones con resina convencional con grabado ácido previo a la aplicación de un sistema adhesivo universal.
- ✓ Se recomienda realizar nuevos estudios, tomando en cuenta nuevos adhesivos universales.
- ✓ Se recomienda ejecutar próximas investigaciones, utilizando diferentes tipos de lámparas, aplicando diferentes tiempos de fotocurado.
- ✓ Se recomienda realizar estudios de resistencia adhesiva, mediante la aplicación de dos capas de adhesivo universal.

REFERENCIAS

- Agarwal, R., Hiremath, H., Agarwal, J., Garg, A. (2015). Evaluation of cervical marginal and internal adaptation using newer bulk fill Composites: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 18(1): 56–61. Recuperado el 15 de mayo del 2019. <http://www.jcd.org.in/article.asp?issn=0972-0707;year=2015;volume=18;issue=1;spage=56;epage=61;aualast=Agarwal>
- Bader Mattar, M., Ibáñez Musalem, M. (2014). Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral.* 7(3):115–122. <https://doi.org/10.1016/j.piro.2014.09.005>
- Blaszczec, E., Lapinska, B., Lukomska, M., Sokolowski, G., Sokolowski, J. (2015). IDS versus traditional adhesive cementation—Literature review. *e-Dentico.* 54, 80–86. Recuperado el 24 de abril del 2019. https://www.researchgate.net/publication/270341960_IDS_versus_traditional_adhesive_cementation_-_literature_review
- Calixto, R., Massing, N., Silva, M. (2015). “Resinas tipo “Bulk-Fill”. *Rev Dental Press Estét.* 12(3):19-35. Recuperado el 9 de junio del 2019. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=83&sid=d6e60fc7-45d4-4344-8b72-2b452f96d70e%40sessionmgr120>
- Cangul S, Adiguzel O. (2017) The latest developments related to composite resins. *Int Dent Res.* 7(2):32-41. doi 10.5577/intdentres. 2017.vol7.no2.3
- Campos, E. A., Ardu, S., Lefever, D., Jassé, F. F., Bortolotto, T., Krejci, I. (2014). Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill

composites. *Journal of Dentistry*. 42(5):575–581.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.02.007>

Cardoso, J., Teixeira, P., Ribeiro, P., Silva, M. (2016). Etch-and-Rinse and Self-Etch Adhesives Behavior on Dentin. *Intech*. 1 -27.
<http://dx.doi.org/10.5772/64856>

Chen, C., Niu, L., Xie, H., Zhang, Z., Zhou, L., Jiao, K., Chen, J., Pashley, D., Tay, F. (2015). Bonding of universal adhesives to dentine--old wine in new bottles. *Journal of Dentistry*. 43(5):525–536.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.03.004>

Chen, M. (2010). Update on dental nanocomposites. *J Dent Res*. 89:549–60.
doi: 10.1177/0022034510363765

Chesterman, J., Jowett, A., Gallacher, A., Nixon, P. (2017). *Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review*. *British Dental Journal*. 222(5): 337–344. doi:10.1038/sj.bdj.2017.214.

Chikawa, H., Inai, N., Cho, E., Kishikawa, R., Otsuki, M., Foxton, R., Tagami, J. (2006) Effect of incremental filling technique on adhesion of light-cured resin composite to cavity floor. *Dental Materials J*. 25(3) 503-508.
<https://doi.org/10.4012/dmj.25.503>

Corral, C., Vildósola, P., Bersezio, C., Alves, E., & Fernández Godoy, E. (2015). Revisión del estado actual de resinas compuestas bulk-fill. *Revista Facultad de Odontología*. 27(1):177–196.
<https://doi.org/10.17533/udea.rfo.v27n1a9>.

- Deborah, S., Katherine, M., Marcos, A., Gerald, E. (2000). The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: a comparison. *JADA*. 131:1610-1615. [10.14219/jada.archive.2000.0091](https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0091)
- Elkaffas, A., Hamama, H., Mahmoud, S. (2018), Do universal adhesives promote bonding to dentin? A systematic review and meta-analysis. *Restor Dent Endod*. 43(3):1-13. <https://doi.org/10.5395/rde.2018.43.e29>
- Farias, D., Caldeira, M., Boushell, L., Walter, R. (2016). Assessment of the initial and aged dentin bond strength of universal adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 70: 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.05.008>
- Ferracane, J. (2011). Resin composite - state of the art. *Dent Mater*. 27: 29-38. doi: [10.1016/j.dental.2010.10.020](https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020)
- Figueiredo, A., Giannini, M., Ambrosano, G., Chan, D. (2003). The effects of filling techniques and a lowviscosity composite liner on bond strength to class II cavities. *Journal of Dentistry*. 31(1) 59-66. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(02\)00122-7](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(02)00122-7)
- Furness, A., Yousef, M., Looney, S. W., y Rueggeberg, F. A. (2014). Effect of bulk / incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*. 42:439–449. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.01.005>
- Gary, A. (2015). “Universal Adhesives: The next evolution in adhesive Dentistry. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 26 (1). 15- 16. Recuperado el 12 de junio del 2019. <https://www.researchgate.net/publication/271195902>

- Han, S.-H., Park, S.-H. (2018). Incremental and Bulk-fill Techniques With Bulk-fill Resin Composite in Different Cavity Configurations. *Operative Dentistry*. 1-11. doi:10.2341/17-279-Ir pag 1-11.
- Hanabusa, M., Mine, A., Kuboki, T., Momoi, Y., Van Ende, A., Van Meerbeek, B., De Munck, J. (2012). Bonding effectiveness of a new “multi-mode” adhesive to enamel and dentine. *J. Dent.* 40, 475–484. doi: 10.1016/j.jdent.2012.02.012
- Ilie, N., Bucuta, S., Draenert, M. (2013). Bulk-fill Resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Op Dent.* 38(6): 618–625. doi: 10.2341/12-395-L
- Kim, Y., Kim, R., Ferracane, J., Lee, I. (2016). Influence of the Compliance and Layering Method on the Wall Deflection of Simulated Cavities in Bulk-fill Composite Restoration. *Operative Dentistry*. 41(6):183-194. doi: 10.2341/15-260-L
- Le Prince, J., Palin, W., Vanacker, J., Sabbagh, J., Devaux, J., LeLoup, G. (2014). Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent.* 42(8): 993–1000. doi: 10.1016/j.jdent.2014.05.009.
- Leprince, J., Palin, W., Hadis, Devaux, J., Lehoup, G., (2013). Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dent. Mater.* 29:139–156. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.11.005>
- Leprince JG, Leveque P, Nysten B, Gallez B, Devaux J, Leloup G. New insight into the “depth of cure” of dimethacrylate-based dental composites. *Dent Mater* 2012; 28(5): 512-520. doi: 10.1016/j.dental.2011.12.004

- Lindberg, A., Peutzfeldt, A., Van Dijken, J. (2005). Effect of powerdensity of curing unit, exposure duration, and light guide distance on composite depth of cure. *Clinical Oral Investigation*. 9(2):71-76. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00784-005-0312-9>
- Loguercio, A. D., Muñoz, M. A., Luque, I., Hass, V., Reis, A., y Perdigão, J. (2015). Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance. *Journal of Dentistry*. 43(9):1060–1070. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.04.005>
- Lukomska, M., Sokolowski, J., Lapinska, B. (2017). Degradation of a hybrid layer—Review of literature. *J. Stomatol.* 70(1): 88–94. doi: 10.5604/01.3001.0010.1775
- Lukomska-Szymanska, M., Sokolowski, J., Lapinska, B. (2017). Current views on adhesive bonding systems. *J. Stoma.* 70(4):384–393. doi: 10.5604/01.3001.0010.5692
- Malhotra, N., Kundabala, M., Shashirashmi, A. (2010). Strategies to overcome polymerization shrinkage-materials and techniques. A review. *Dent Update*. 37(2):115-118. doi: 10.12968/denu.2010.37.2.115
- Malhotra, N., Mala, K., Acharya, S. (2011). Resin-based composite as a direct esthetic restorative material. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 32(5):14-23. Recuperado el 23 de abril del 2019. <https://www.researchgate.net/publication/51491778>
- Marshall, S., Bayne, S., Baier, R., Tomsia, A., Marshall, G. (2010). A review of adhesion science. *Dent. Mater.* 26(2): 11-16. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.157

- Moorthy, A., Hogg, C., Dowling, A., Grufferty, B., Benetti, A., Fleming, G. (2012). Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *J Dent.* 40(6):500-505. doi: 10.1016/j.jdent.2012.02.015.
- Muñoz, M., Luque, I., Malaquias, P., Hass, V., Reis, A., Campanha, N., Loguercio, A. (2015). In vitro longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. *Oper Dent.* 40(3):282-292. doi: 10.2341/14-055-L
- Muñoz, M., Luque, I., Hass, V., Reis, A., Loguercio, A., y Bombarda, N., (2013). *Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. Journal of Dentistry.* 41(5), 404–411. doi:10.1016/j.jdent.2013.03.001
- Munari, L., Antunes, A., Monteiro, D., Moreira, A., Alvim, H., Magalhães, C. (2018). Microtensile bond strength of composite resin and glass ionomer cement with total-etching or self-etching universal adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives.* 82:36–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.12.013>
- Nicholson, J., Czarnecka, B. (2016). Composite resins. Materials for the Direct Restoration of Teeth, 37–67. doi:10.1016/b978-0-08-100491-3.00003-9. 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved. Libro
- Nikolaenko, S., Lohbauer, U., Roggendorf, M., Petschelt, A., Dasch, W., Frankenberger, R. (2004). Influence of c-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *Dental Materials.* 20(6): 579-585. doi:10.1016/j.dental.2003.08.001
- Orlowski, M., Tarczydło, B., Chalas, R. (2015). Evaluation of marginal integrity of four bulk-fill dental composite materials: In vitro study. *Sci World J.* 1–8. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/701262>

- Ortiz , D., Masafierro , M. (2014). Adaptación, profundidad de polimerización y sellado marginal de restauraciones realizadas con una resina compuesta microhíbrida fluidificada y con Sonicfill. *Revista Biomater Sociedad científica Grupo Chileno de Materiales Dentales*.1(2):32-53. doi: <http://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v31n5/original3.pdf>
- Pacheco, C., Gehrkie, A., Ruiz, P., Gainza, P. (2015). Evaluación de la adaptación interna de resinas compuestas: Técnica incremental versus bulk-fill con activación sónica. *Avances En Odontoestomatología*. 31(5):313–321. <https://doi.org/10.4321/S0213-12852015000500004>
- Pashley, D., Tay, F., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R., Carrilho, M., Tezvergil, (2011). A. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent. Mater.* 27(1): 1–16. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.016.
- Perdigão, J., Sezinando, A., Monteiro, P (2012). Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent.* 25(3):153-158. Recuperado el 27 de junio del 2019. https://www.researchgate.net/publication/230877877_Laboratory_bonding_ability_of_a_multi-purpose_dentin_adhesive
- Petropolis, F., Pantzari, N., Nomikos, V., Chronopoulos, S., Kourtis. (2013). The use of indirect resin composites in clinical practice: a case series. *Dentistry*. 3(3):1-6. doi: 10.4172/2161-1122.1000173
- Roggendorf, M. J., Krämer, N., Appelt, A., Naumann, M., Frankenberger, R. (2011). Marginal quality of flowable 4-mm base vs. Conventionally layered resin composite. *Journal of Dentistry*. 39(10):643–647. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.07.004>
- Ruan Antury, J., Gomes, J., Uribe Echevarría, J., Gomes, O. (2006).

Resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos autoacondicionadores al sustrato dentinario, desproteinizado a través del hipoclorito de sodio. *Actas Odontológicas*. 3(1):60–69. <https://doi.org/10.22235/ao.v3i1.991>

Sezinando, A. (2014). Looking for the ideal adhesive—A review. *Rev. Port. Estomatol. Med. Dent. E Cir. Maxilofac.* 55(4):194–206. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.07.004>

Sokolowska, D., Janas, A., Domarecka, M., Lapinska, B., Sokolowski, J. (2015). Evaluation of Surface Structure and Self-Etch System Bonding After Er: YAG Laser Treated Dentine. *Dent. Med.* 52(2):175–183. Recuperado el 8 de julio del 2019. https://www.researchgate.net/publication/279586967_Evaluation_of_surface_structure_and_selfetch_system_bonding_after_ErYAG_laser_treated_dentine

Spencer, P., Ye, Q., Park, J., Topp, E., Misra, A., Marangos, O., Wang, Y., Bohaty, B., Singh, V., Sene, F., Eslick, J., Camarda, K., Katz, J. (2010). Adhesive/Dentin interface: the weak link in the composite restoration. *Ann. Biomed. Eng.* 38(6):1989-2003. doi: 10.1007/s10439-010-9969-6.

Takamizawa, T., Barkmeier, W., Tsujimoto, A., Berry, T., Watanabe, H., Erickson, R., Latta, M., Miyazaki, M. (2016). Influence of different etching modes on bond strength and fatigue strength to dentin using universal adhesive systems. *Dent Mater.* 32(2):9-21. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.11.005>.

Tauböck, T., Marovic, D., Zeljezic, D., Steingruber, A. D., Attin, T., & Tarle, Z. (2017). Genotoxic potential of dental bulk-fill resin composites. *Dental Materials*. 33(7):788–795. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.04.011>

- Turp, V., Sen, D., Tuncelli, B., Özcan, M. (2013). Adhesion of 10-MDP containing resin cements to dentin with and without the etch-and-rinse technique. *J Adv Prosthodont.* 5(3):226-233. doi: 10.4047/jap.2013.5.3.226
- Van Ende, A., De Munck, J., Van Landuyt, K., Poitevin, A., Peumans, M., Van Meerbeek, B. (2013). Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dental Materials.* 29(3):269-277. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.002
- Van Ende, A., Mine, A., De Munck, J., Poitevin, A., Van Meerbeek, B. (2012). Bonding of low-shrinking composites in high C-factor cavities. *Journal of Dentistry* 40(4):295-303. doi: 10.1016/j.jdent.2012.01.004.
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., Van Landuyt, K. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dent. Mater.* 27(1): 17-28. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.023.
- Wagner, A, Wendler, M., Petschelt, A., Belli, R., Lohbauer, U. (2014). Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent.* 42(7):800-807. doi: 10.1016/j.jdent.2014.04.012.
- Walter, R. (2013). Critical appraisal: bulk-fill flowable composite resins. *J Esthet Restor Dent.* 25(1):72-76. doi: 10.1111/jerd.12011.
- Yoshida, Y., Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Torii, Y., Ogawa, T., Osaka, A., Meerbeek, B. (2012). Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res.* 91(4):376-381. doi: 10.1177/0022034512437375
- Yoshihara, K., Yoshida, Y., Hayakawa, S., Nagaoka, N., Irie, M., Ogawa, T., Van Landuyt, K., Osaka, A., Suzuki, K., Minagi, S., Van Meerbeek, B. (2017). Nanolayering of phosphoric acid ester monomer on enamel and

dentin. *Acta Biomater.* 7(8): 3187- 3195. doi: 10.1016/j.actbio.2011.04.026.

Yoshihara, K., Yoshida, Y., Nagaoka, N., Fukegawa, D., Hayakawa, S., Mine, A., Nakamura, M., Minagi, S., Osaka, A., Suzuki, K., Van Meerbeek, B. (2010). Nano-controlled molecular interaction at adhesive interfaces for hard tissue reconstruction. *Acta Biomater.* 6(9):3573-3582. doi: 10.1016/j.actbio.2010.03.024.

Zorzin, J., Maier, E., Harre, S., Fey, T., Belli, R., Lohbauer, U., Taschner, M. (2015). Bulk-fill resin composites: Polymerization properties and extended light curing. *Dental Materials.* 31(3):293–301. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.12.010>

