



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“FUERZA DE ADHESIÓN DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO UTILIZANDO
DIFERENTES PROTOCOLOS DE CEMENTACIÓN ADHESIVA - IN VITRO”**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO
DE DOCTOR EN ODONTOLOGÍA**

AUTOR:

DANIEL AUGUSTO ALVÍTEZ TEMOCHE

ASESOR:

DR. ROMÁN MENDOZA LUPUCHE

JURADOS:

DR. NEME PORTAL BUSTAMANTE

DRA. ELIZABETH PAUCAR RODRÍGUEZ

DR. JOSÉ OLIVA CHUMÁN

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedicado a mi familia, mis padres, hermanos, sobrinos y mi novia que son mi principal motivación. A mis maestros del doctorado por sus valiosas enseñanzas.

Agradecimientos

A mis padres y hermanos, por todo el apoyo y cariño brindado.

A mi asesor el Dr. Román Mendoza Lupuche, por su asesoramiento, confianza y grandes consejos durante la elaboración de esta investigación.

A Stephany García Ramírez, por su constante motivación y apoyo.

Índice

Carátula	
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vi
Resumen	7
Abstract	8
I. Introducción	9
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Descripción del problema	11
1.3. Formulación del problema	13
1.3.1. Problema general	13
1.3.2. Problemas específicos	13
1.4. Antecedentes	14
1.5. Justificación de la investigación	22
1.6. Limitaciones de la investigación	23
1.7. Objetivos de la investigación	23
1.7.1. Objetivo general	23
1.7.2. Objetivos específicos	23
1.8. Hipótesis	24
II. Marco teórico	25
2.1. Marco conceptual	25
III. Método	47

3.1. Tipo de investigación	47
3.2. Población y muestra	47
3.3. Operacionalización de variables	48
3.4. Instrumentos	49
3.5. Procedimientos	49
3.6. Análisis de datos	52
3.7. Consideraciones éticas	52
IV. Resultados	53
V. Discusión de resultados	58
VI. Conclusiones	62
VII. Recomendaciones	63
VIII. Referencias	64
IX. Anexos	80
9.1. Preparación de especímenes	80
9.2. Informe técnico del ensayo mecánico push out	83

Índice de Tablas

Tabla 1. Fuerza de adhesión según protocolo de cementación adhesiva y tercios radiculares	54
Tabla 2. Comparaciones individuales de medias entre grupos con Prueba Bonferroni	55
Tabla 3. Fuerza de adhesión de los tercios radiculares según cada protocolo de cementación adhesiva	56
Tabla 4. Comparaciones múltiples con Prueba Bonferroni a nivel cervical, medio y apical según protocolo de cementación	57
Tabla 5. Comparaciones múltiples con Prueba Bonferroni en grupo de grabado y enjuague con adhesivo universal según tercios radiculares	57

Índice de Figuras

Figura 1. Fuerza de adhesión según protocolo de cementación adhesiva y tercios radiculares	54
Figura 2. Tratamiento de endodoncia a los dientes bovinos	80
Figura 3. Preparación de los conductos radiculares	80
Figura 4. Tratamiento de superficie de los postes de fibra de vidrio	81
Figura 5. Tratamiento de los conductos radiculares	81
Figura 6. Cementación de postes de fibra de vidrio	82
Figura 7. Prueba push out de los postes en especímenes de 2mm	82

RESUMEN

Objetivo: La investigación tuvo como objetivo comparar la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio cementados con diferentes protocolos de cementación adhesiva.

Metodología: 30 dientes bovinos fueron sometidos a tratamiento de endodoncia, se eliminaron las coronas y se prepararon los conductos radiculares con la fresa indicada por el fabricante del poste. Se formaron tres grupos de 10 dientes. En el primer grupo se cementaron los postes con un protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal y cemento de resina, en el segundo grupo se utilizó un protocolo autograbante con adhesivo universal y cemento de resina, mientras que en el tercer grupo fue utilizado un protocolo con cemento autoadhesivo. Las raíces fueron seccionadas en especímenes con un grosor de 2 mm, correspondientes a los tercios cervical, medio y apical del espacio preparado para el poste. Los especímenes fueron sometidos a la prueba push out con una máquina de ensayos mecánicos universal. Se contrastó la normalidad de los datos con la prueba Shapiro Wilk y el análisis estadístico se realizó con ANOVA y la Prueba de Bonferroni.

Resultados: En el primer grupo se obtuvo una media $21.2 \text{ MPa} \pm 4.7$, en el segundo fue de $22.6 \pm 5.1 \text{ MPa}$, mientras que en el tercer grupo fue de 12.3 ± 2.1 . A nivel cervical, la media de fuerza de adhesión fue de $17.5 \pm 5.2 \text{ MPa}$, a nivel del tercio medio fue de $17.7 \text{ MPa} \pm 5.4$, y a nivel apical fue de $21.0 \pm 7.3 \text{ MPa}$.

Conclusiones: No existieron diferencias significativas entre los protocolos utilizados en los grupos 1 y 2 ($p = 0.596$), mientras que los valores del grupo 3 son significativamente menores ($p < 0.001$) respecto a los grupos anteriores. La comparación a nivel de los tercios radiculares también encontró valores significativamente menores ($p < 0.001$) con el cemento de protocolo autoadhesivo en los tercios cervical, medio y apical.

Palabras clave: fuerza de adhesión, postes de fibra, cementos de resina

ABSTRACT

Objective: The research aimed to compare the bond strength obtained when cementing fiberglass posts with different adhesive cementation protocols.

Methodology: 30 bovine teeth underwent endodontic treatment. The crowns were removed and the root canals were prepared with the drill indicated by the post manufacturer. Three groups of 10 teeth were formed. In the first group, the posts were cemented with a protocol of etching and rinsing with universal adhesive and resin cement, in the second group a self-etching protocol with universal adhesive and resin cement was used, while in the third group a protocol was used with self-adhesive cement. The roots were sectioned in order to obtain specimens with a thickness of 2mm, corresponding to the cervical, middle and apical thirds of the space prepared for the post. The specimens were pushed out using a universal mechanical testing machine. The normality of the recorded data was contrasted using the Shapiro Wilk test and the statistical analysis was performed with ANOVA and the Bonferroni test.

Results: In the first group, a mean $21.2 \text{ MPa} \pm 4.7$ was obtained, in the second it was $22.6 \pm 5.1 \text{ MPa}$, while in the third group it was 12.3 ± 2.1 . At the cervical level, the mean adhesion force was $17.5 \pm 5.2 \text{ MPa}$, at the level of the middle third it was $17.7 \text{ MPa} \pm 5.4$, and at the apical level it was $21.0 \pm 7.3 \text{ MPa}$.

Conclusions: There were no significant differences between the protocols used in groups 1 and 2 ($p = 0.596$), while the values of group 3 were significantly lower ($p < 0.001$) compared to the previous groups. The comparison at the level of the root thirds also found significantly lower values ($p < 0.001$) with the self-adhesive protocol cement in the cervical, middle and apical thirds.

Keywords: fiber posts, resin cements, bond strength

I. Introducción

La restauración de dientes tratados endodónticamente puede ser un reto, debido a que por lo general, los dientes que reciben dicho tratamiento han perdido gran cantidad de tejido coronario, por lo que, muchas veces, es necesario utilizar postes como elementos de retención intrarradicular para las restauraciones del núcleo coronario (Phark et al., 2012).

Existen varios tipos de postes, sin embargo en la actualidad, los postes de fibra son la primera elección de muchos clínicos; debido a propiedades como su módulo elástico cercano al de la dentina, su apariencia estética, su compatibilidad con distintos tipos de resinas, entre otras (Figuereido et al., 2015).

La cementación es un procedimiento crítico para el adecuado desempeño clínico de postes de fibra de vidrio, pues es importante conseguir una fuerza de adhesión capaz de soportar las fuerzas masticatorias, con la finalidad de lograr un resultado clínico que brinde una funcionalidad y longevidad adecuada de las restauraciones (Ubalini et al., 2018). Por ello, es necesario investigar la fuerza de adhesión que brindan los diferentes protocolos de cementación adhesiva de postes de fibra de vidrio en conductos radiculares.

1.1.Planteamiento del Problema

Phark et al. (2012) mencionan que los dientes tratados endodónticamente, debido lesiones existentes previamente y los procedimientos realizados, a menudo sufren una pérdida de tejido coronario que hace necesario colocar postes intrarradicales que permitan restaurar el núcleo o muñón coronario, el cual brindará finalmente retención a la restauración final coronal. Sin embargo, varios factores pueden influir en el

rendimiento clínico de los dientes tratados endodónticamente restaurados a través de la combinación de postes intrarradiculares y coronas. En ese sentido, la revisión sistemática de Sarkis-Onofre et al. (2017) mencionan que los factores más importantes son la cantidad de tejido coronario remanente, la ubicación del diente en el arco, el material del poste y los cementos utilizados.

Durante las últimas décadas, gran parte de las investigaciones se han enfocado en estudiar qué material se debería utilizar para elaborar el poste intrarradicular y el núcleo coronario (Sarkis-Onofre et al., 2017). Naumann et al. (2017) refieren que se cuenta con una gran variedad de postes, de diferentes materiales de elaboración, propiedades y mecanismos de fijación, tales como los elaborados con aleaciones de oro, acero inoxidable, titanio, o zirconio, dentro del grupo de los más rígidos; mientras que entre los más flexibles se encuentran los postes de fibra. En un ensayo clínico, Juloski et al. (2014) concluyeron, que la principal falla clínica al restaurar dientes con postes de fibra de vidrio es la descementación, mientras que la fractura radicular es la principal falla clínica al restaurar dientes con postes metálicos. En una revisión sistemática, Figueredo et al. (2015) refieren que el uso de postes con altos valores de módulo elástico se asoció con una mayor concentración de estrés en la interfaz adhesiva y podría estar relacionado con fallas catastróficas, mientras que el uso de postes con valores de módulo elástico menores, cercanos a los de la dentina se relacionaron con una mejor capacidad de distribución del estrés. Santos et al. (2010), utilizando análisis de elementos finitos, encontraron que al utilizar postes de fibra de vidrio, las raíces dentarias restauradas tienen menor riesgo de sufrir fracturas, siendo mayor el riesgo de fractura del poste y del cemento; sin embargo, también se demostró que se puede producir mayor estrés en la dentina radicular si se produce falla en la unión de postes de fibra de vidrio, en

comparación con postes metálicos, principalmente cuando se produce falla en la unión de las superficies. En consecuencia, es necesario estudiar la capacidad adhesiva de los diferentes protocolos de cementación de postes de fibra de vidrio. En tal sentido, Schmitter et al. (2010), analizaron la influencia de la adhesión en la transmisión de fuerzas de postes a la dentina radicular, a través de un análisis de elementos finitos, encontrando que la colocación central del poste no contribuye a la transmisión de cargas, a diferencia de lo que contribuye la adhesión cuando se encuentra intacta. A pesar de ello, Ubaldini et al. (2018) refieren que los fallos adhesivos de postes de fibra de vidrio representan el 37% de los fracasos. Tay y Pashley (2007) mencionan que el objetivo ideal de restaurar dientes tratados endodónticamente es crear una unidad mecánicamente homogénea con la dentina radicular, la cual es denominada monobloc.

Independientemente de lograr un monobloc ideal, Sterzenbach et al. (2012) refieren que la capacidad de carga máxima depende de la interacción entre los distintos elementos utilizados en la restauración, como son el poste, el cemento de fijación, el material de construcción del núcleo y el tipo de restauración coronal, para distribuir uniformemente los esfuerzos de carga.

1.2. Descripción del Problema

Los postes reforzados con fibra consisten en un grupo de fibras de refuerzo que pueden ser fibras de vidrio, cuarzo, carbono o polietileno, envueltas por resina epóxica altamente reticulada, con muy alto grado de conversión de polimerización, cuyo propósito es dar soporte a las fibras y protegerlas. (Maroulakos et al., 2017). Rasimick et al. (2010), luego de revisar los principales tipos de fallas de postes de fibra, refieren que la complicación mecánica más común de los dientes tratados endodónticamente restaurados con postes de fibra es la falla adhesiva de los postes.

Los cementos utilizados para fijar postes radiculares deben tener buenas propiedades mecánicas y capacidad para adherirse a la dentina de la raíz, los cuales son factores importantes para la retención de los postes. Los cementos de resina cumplen estos dos requisitos, por lo que utilizarlos proporciona ventajas considerables en la cementación de postes de fibra (Ubal dini et al., 2018). Varios estudios se han dirigido a mejorar la retención de postes, incluidos los diferentes pretratamientos del poste y la dentina o el uso de diferentes agentes de cementación. (Elnaghy y Elsaka, 2014)

Xiong et al. (2019) menciona que la clínica ha mostrado una unión frágil en la interfaz entre la dentina radicular y la resina de cementación, que refleja la sensibilidad de la técnica de cementación adhesiva en el conducto radicular, debido a dificultades para controlar adecuadamente la humedad, el tratamiento del sustrato dentinario radicular, la aplicación del sistema adhesivo, para distribuir el cemento en el conducto radicular evitando atrapar burbujas de aire, y en conseguir un grado de polimerización apropiado del cemento. Algunos de estos problemas son más desafiantes para un tipo de cemento que para otros. (Ubal dini et al., 2018)

Sarkis-Onofre et al. (2014), al realizar una revisión sistemática para determinar la influencia de los cementos de resina sobre la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio en conductos radiculares, exclusivamente en estudios in vitro, encontraron mucha heterogeneidad de diseños, riesgo de sesgos en los estudios y diferentes resultados en estudios in vitro, donde los cementos autoadhesivos mostraron una adhesión superior. Este hallazgo positivo para los cementos de resina autoadhesivos se puede atribuir, al menos en parte, a la menor sensibilidad técnica obtenida mediante la eliminación de los

numerosos pasos involucrados en el grabado y la aplicación de primers y adhesivos.

(Ubalini et al., 2018)

Es importante investigar con la finalidad de determinar y comparar la fuerza de adhesión que los distintos protocolos de cementación adhesiva permiten obtener al cementar postes de fibra de vidrio a la dentina radicular.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cuál es el protocolo de cementación adhesiva que produce mayor fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio en los conductos radiculares?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio utilizando un protocolo con grabado y enjuague con adhesivo universal a nivel de los tercios cervical, medio y apical?
- ¿Cuál es la fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio utilizando un protocolo de autograbado con adhesivo universal a nivel de los tercios cervical, medio y apical?
- ¿Cuál es la fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio utilizando un protocolo de cementación autoadhesivo a nivel de los tercios cervical, medio y apical?
- ¿Cuál es el protocolo de cementación adhesiva que produce mayor fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio a nivel de los tercios cervical, medio y apical?

1.4. Antecedentes

Lorenzetti et al. (2019) en su estudio “The effectiveness of glass ionomer cement as a fiber post cementation system in endodontically treated teeth” tuvieron como objetivo comparar la resistencia adhesiva obtenida luego de cementar postes de fibra de vidrio con ionómero de vidrio (Gold Label 1, GC América Inc, Illinois, Estados Unidos de América), con un cemento autoadhesivo (Relyx U200, 3M ESPE, Minnessota, Estados Unidos de América) y un sistema de cementación de resina convencional de grabado y enjuague (Scotchbond Multi purpose y Relyx ARC, M ESPE, Minnessota, Estados Unidos de América). Los 30 caninos tratados endodónticamente fueron divididos, de manera aleatoria, en tres grupos de 10 dientes, según el sistema de cementación de los postes. Luego de la cementación, las raíces se incubaron en saliva artificial durante seis meses a 37 ° C. Posteriormente, se obtuvieron porciones de 2 mm de espesor de cada tercio radicular, siendo cada una sometida a una prueba “push out” en una máquina de pruebas electrónico-mecánica. La fuerza adhesiva del cemento de resina autoadhesivo fue de 8.66 ± 1.42 MPa a nivel cervical, 7.38 ± 1.02 MPa a nivel medio y de 7.51 ± 1.54 MPa a nivel apical; en el grupo del cemento de ionómero de vidrio fue de 8.17 ± 1.12 MPa a nivel cervical, 6.82 ± 1.24 MPa a nivel medio y de 7.60 ± 0.66 MPa a nivel apical; en tanto que los valores obtenidos en el grupo que utilizó el protocolo de lavado y enjuague con cemento de resina fueron de 4.21 ± 1.06 MPa a nivel cervical, 3.56 ± 1.13 MPa a nivel medio y de 3.96 ± 1.05 MPa a nivel apical. Las pruebas ANOVA y de Tukey no mostraron diferencias significativas cuando fue utilizado ionómero de vidrio como agente de cementación o cemento de resina autoadhesivo ($p > 0.05$), independientemente del tercio radicular. Sin embargo, los valores de ambos son significativamente mayores ($p < 0.05$) respecto a los valores del grupo en el que utilizó el sistema de cementación convencional de resina.

Rodrigues Limeira et al. (2019) en su investigación “Bond Strength of resin cements fixing fiber posts to human and bovine teeth of different ages” tuvieron como finalidad comparar la resistencia adhesiva obtenida con dos sistemas de cementación de postes de fibra de vidrio, en dientes humanos y bovinos de distintas edades. Se utilizaron 96 dientes que fueron divididos en 8 grupos según Origen (humano o bovino); edad, joven (20 a 30 años) y viejos (más de 60 años) en humanos, joven (24 a 36 meses) y viejos (más de 48 meses) en bovinos. Los cementos utilizados fueron un cemento autoadhesivo (RelyX U200, 3M ESPE, Minnessota, Estados Unidos de América) y un sistema de autograbado con adhesivo universal y de cemento de resina (Relyx Ultimate y Single Bond Universal, 3M ESPE, Minnessota, Estados Unidos de América). Se obtuvieron porciones de 1mm de cada tercio radicular y se les sometió a una prueba “push out” con una máquina de prueba universal (EZ-LX, Shimadzu, Kyoto, Japón) de una velocidad de 0.5mm/min. Las pruebas ANOVA y Tukey no arrojaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los dientes adultos jóvenes y ambos grupos etarios bovinos. Por el contrario, los valores fueron significativamente menores ($p<0.05$) en los dientes humanos viejos en comparación con los demás grupos. Los valores de adhesión disminuyeron significativamente ($p<0.05$) de cervical a medio y apical.

Ubal dini et al. (2018) en su estudio “Challenges in luting fibre posts: Adhesion to the post and to the dentine” tuvieron como objetivo comparar la fuerza de retención de postes de fibra y la interacción de los distintos cementos utilizados con el sustrato dentinario. Se establecieron cinco grupos, dos con la técnica de grabado y enjuague. El primero utilizó un adhesivo universal y un cemento de resina (Scotchbond Universal y Relyx Ultimate 3M GmbH, Neuss, Alemania) y el segundo grupo utilizó un adhesivo de

polimerización dual de quinta generación y un cemento de resina (Excite DSC y Variolink II, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). El tercer grupo utilizó un adhesivo universal de manera autograbante y un cemento de resina (Scotchbond Universal y Relyx Ultimate 3M GmbH, Neuss, Alemania), el cuarto grupo utilizó un sistema de cementación autograbante (ED Primer II y Panavia F 2.0; Kuraray Noritake Dental, Okayama, Japón), mientras que el quinto grupo utilizó un cemento autoadhesivo (RelyX Unicem 2; 3M ESPE AG Dental Products Seefeld, Alemania). 150 postes de fibra (RelyX #2 ; 3M GmbH, Neuss, Alemania) fueron divididos en dos grupos para realizar el acondicionamiento de superficie, la mitad recibió una capa de adhesivo universal (Scotchbond universal; 3M GmbH, Neuss, Alemania), mientras la otra mitad recibió un tratamiento de arenado y silanizado previo a la capa de adhesivo universal. Cada mitad fue dividida en cinco grupos según los diferentes protocolos de cementación, donde fueron cementados en 15 dientes incisivos permanentes que se almacenaron en agua a 37° C durante siete días. La retención de los postes en los conductos radiculares se evaluó en una máquina de prueba universal mediante el método pull out. El protocolo de grabado y enjuague que utilizó Relyx Ultimate presenta diferencia significativas con los demás grupos siendo el que presentó mayor fuerza adhesiva, 421.5 ± 69.3 N de media para la mitad con arenado y silanizado y 399.1 ± 43.1 N para la mitad con sólo adhesivo universal, seguidos por el cemento autoadhesivo con 353.2 ± 60.1 N de media para la mitad con arenado y silanizado y 319.5 ± 60.3 N para la mitad con sólo el cemento, seguidos por el cemento resinoso con protocolo autograbante Relyx Ultimate con 342.7 ± 90.3 N de media para la mitad con arenado y silanizado y 302.5 ± 60.3 N para la mitad con sólo adhesivo universal. Los valores más bajos fueron obtenidos por Panavia 2.0 (autograbante) y Variolink 2 (grabado y enjuague). Cabe resaltar que la gran mayoría de fallas, en todos los grupos, se produjo en la interfase adhesiva con la dentina.

Farid et al. (2018) en su estudio “Effect of cement type and thickness on push-out bond strength of fiber posts” tuvieron como objetivo comparar la fuerza de adhesión conseguida al cementar postes de fibra de vidrio con dos tipos de cementos y dos grosores de película en conductos radiculares. Se utilizaron 60 dientes unirradiculares, que fueron decoronados y sometidos a tratamiento de endodoncia. Se conformaron grupos según el espacio radicular preparado para el poste. La preparación del primer grupo se realizó, siguiendo la secuencia de fresas provistas por el fabricante de los postes (Fresas Innopost, Innotech, Rimini, Italia) hasta la # 90, compatible con el grosor del poste; mientras que la preparación del segundo grupo se realizó hasta la # 110. Se dividió cada grupo en dos subgrupos según en el cemento utilizado, Uno con un sistema de adhesivo autograbante (Panavia F 2.0; Kuraray Noritake Dental, Okayama, Japón), y el otro con un cemento autoadhesivo (Panavia SA cement Plus; Kuraray Noritake Dental, Okayama, Japón). Las raíces fueron seccionadas, obteniendo dos segmentos de 1mm de grosor del tercio medio para la prueba push out con una máquina de prueba universal (Zwick-Roel, Alemana). Los datos fueron analizados con ANOVA y una prueba t. La media de fuerza adhesiva de los postes cementados en un espacio compatible fue de 4.02 ± 1.6 para el cemento con adhesivo autograbante y de 4.12 ± 2.3 Mpa para el cemento autoadhesivo. Para postes cementados en espacios sobrepreparados fue de 4.9 ± 2.3 para el cemento con adhesivo autograbante y de 2.8 ± 1.3 Mpa para el cemento autoadhesivo. No hubieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los dos subgrupos preparados de manera compatible al poste con los dos cementos utilizados, ni con el grupo sobrepreparado que utilizó el cemento con adhesivo autograbante. Sí encontraron valores significativamente menores ($p < 0.05$) en el subgrupo sobrepreparado que utilizó con cemento autoadhesivo.

Rodrigues et al. (2017) en su estudio “Influence of adhesive cementation systems on the bond strength of relined fiber posts to root dentin” compararon la resistencia de la unión lograda por distintos protocolos de cementación de postes de fibra de vidrio anatomizados con resina compuesta en raíces de dientes bovinos. Los conductos radiculares de 18 dientes bovinos fueron preparados con instrumentos rotatorios proporcionados por el fabricante del poste (Whitepost DC # 1; FGM, Brasil), posteriormente los conductos radiculares se lubricaron con gel de glicerina. Se aplicó silano (Prosil; FGM, Brasil), y resina compuesta (Filtek Z100; 3M ESPE AG Dental Products Seefeld, Alemania) para personalizarlos a la anatomía del conducto radicular. Se evaluaron tres protocolos de cementación adhesiva: el protocolo de grabado y enjuague (Adper Scotchbond Multi Purpose) en combinación con un cemento de resina (RelyX ARC); el protocolo de autograbado con adhesivo universal (Scotchbond Universal) asociado con otro cemento de resina (RelyX Ultimate); y un protocolo autoadhesivo (RelyX Unicem 2). Las raíces fueron seccionadas, resultando en cuatro segmentos de 2 mm de diferentes niveles (cervical a apical) y evaluados por la prueba de resistencia adhesiva push out. Las interfaces fueron analizadas con microscopio electrónico de barrido, y las fallas se clasificaron como falla cohesiva en resina compuesta, falla cohesiva en cemento, falla cohesiva en dentina radicular, falla adhesiva o mixta. Las pruebas ANOVA y Tukey no mostraron diferencias estadísticas cuando se compararon diferentes sistemas de cementación ($P = 0.253$).

Amiri et al. (2017) en su estudio “Effect of Self-Adhesive and Separate etch adhesive dual cure resin cements on the bond strength of fiber post to dentin at different parts of the root” realizaron una investigación con la finalidad de comparar la resistencia

de la unión alcanzada con distintos protocolos de adhesión de postes. Se realizó en 20 premolares humanos unirradiculares. Se eliminaron las coronas a nivel de la unión cemento-esmalte y las raíces recibieron tratamiento endodóntico. Se formaron dos grupos con igual número de dientes. En el grupo 1, los postes de fibra se cementaron usando cemento autodaheivo (RelyX Unicem; 3M ESPE 3M ESPE, Minnessota, Estados Unidos de América); en el grupo 2 se utilizó un protocolo de grabado y enjuague de cuarta generación con un cemento de resina (All bond 2 y Duo-Link; Bisco, Illinois, Estados Unidos de Norteamérica) de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La raíz se dividió en tres porciones (coronal, media y apical) y cada sección transversal se sometió a una prueba push out. Los datos se analizaron usando una prueba t independiente y medidas repetidas ANOVA. La resistencia adhesiva fue significativamente mayor ($P < 0.001$) con el protocolo de grabado y enjuague en comparación con el protocolo autoadhesivo. La fuerza de adhesión aumentó significativamente ($P < 0.001$) de coronal hacia apical, mientras que en el grupo de lavado y enjuague incrementó de apical a coronal.

Graiff et al. (2014) en su estudio “Bonding Effectiveness of Two Adhesive Luting Cements to Glass Fiber Posts: Pull-Out Evaluation of Three Different Post Surface Conditioning Methods” compararon la influencia de dos protocolos de cementación en la fuerza adhesiva de postes de fibra de vidrio con tres diferentes tratamientos de superficie. Sesenta postes (RelyX Fiber Post; 3M ESPE, Seefeld, Alemania) se dividieron aleatoriamente en dos grupos y fueron adheridos con un cemento autoadhesivo (RelyX Unicem; 3M ESPE, Seefeld, Alemania) y con un protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal (Scotchbond Multi-Purpose Plus; 3M ESPE, Minnessota, Estados Unidos de América) y un cemento de resina (RelyX

ARC; 3M ESPE, Minnessota, Estados Unidos de América) en canales radiculares de plexiglás simulados después de recibir tres procedimientos de pretratamiento diferentes (10 para cada grupo). El grupo I (control) fue pincelado con etanol y secado con aire, el grupo II fue pretratado con metil metacrilato (Monómero Pro Base Cold, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) y secado con aire, mientras que el grupo III fue pretratado con metil metacrilato (Monómero Pro Base Cold, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) y posteriormente recibió un revestimiento triboquímico. Se realizó una prueba pull out en cada muestra para medir las fuerzas de unión. La prueba ANOVA no mostró influencia significativa de los distintos tratamientos de superficie ($P > 0.9$). Por otro lado, con el cemento de protocolo autoadhesivo se obtuvieron valores significativamente mayores que el cemento de polimerización dual que utilizó el protocolo de grabado y enjuague ($P < 0.0001$).

Pereira et al. (2014) en su estudio “The influence of different cements on the pull-out bond strength of fiber posts” realizaron una investigación con la finalidad de comparar la resistencia de la unión postes de fibra de vidrio alcanzada con distintos protocolos de cementación. Setenta caninos maxilares fueron tratados endodónticamente y luego divididos en siete grupos de 10 elementos, de acuerdo con el protocolo utilizado para la cementación: dos con protocolo autoadhesivo (RelyX Unicem; 3M ESPE, Seefeld, Alemania; y BisCem; Bisco Inc., Illinois, Estados Unidos), uno con ionómero de vidrio modificado con resina (RelyX Luting 2; 3M ESPE AG Dental Products Seefeld, Alemania), y cuatro con protocolos de grabado y enjuague con cementos de resina convencionales (RelyX ARC, 3M ESPE Seefeld, Alemania; Panavia F, Kuraray Dental, Tokio, Japón; Enforce, Dentsply, Pensilvania, Estados Unidos; y Allcem; FGM, Brasil). Todos los especímenes fueron sometidos a la prueba pull out. Las pruebas

ANOVA y Tukey mostraron valores significativamente mayores ($p < 0.05$) de los protocolos autoadhesivos y de la mayoría con protocolo de grabado y enjuague, con medias de entre 470 y 506.6 N; con respecto al ionómero de vidrio modificado con resina ($241.8 \pm 9.70\text{N}$) y de Enforce, que utiliza un protocolo de grabado y enjuague ($309 \pm 6.3\text{ N}$)

Liu et al. (2014) en su estudio “The influence of four dual-cure resin cements and surface treatment selection to bond strength of fiber post” realizaron una investigación con la finalidad de comparar la influencia de distintos tratamientos previos de superficie de postes de fibra de vidrio en la resistencia adhesiva de cuatro cementos. Se realizó tratamiento de endodoncia a ochenta dientes humanos extraídos, entre incisivos centrales y caninos, y se prepararon los conductos radiculares de manera estandarizada. Se probaron cuatro tratamientos previos de los postes: sin tratamiento, arenado, silanización, arenado y silanización. Por cada grupo de tratamiento previo, se utilizaron los siguientes protocolos de cementación: Un protocolo de grabado y enjuague (DMG Luxacore, Hamburgo, Alemania), dos con protocolo de autograbado (Multilink Automix, Ivoclar, Vivadent, Schaan, Lichtenstein y Panavia F 2.0 (Kuraray Medical, Okayama, Japón) y uno autoadhesivo (RelyX Unicem, 3M Espe, St. Paul, Minnesota, Estados Unidos de Norteamérica). Las porciones coronales fueron eliminadas y cada diente fue seccionado en 6 ó 7 porciones de $1 \pm 0.05\text{ mm}$. Todas las muestras fueron sometidas a la prueba Push-out. Las pruebas ANOVA y Tukey mostraron que la resistencia adhesiva fue significativamente afectada por el tipo de cemento de resina. La fuerza adhesiva de RelyX Unicem (cemento autoadhesivo) con los diferentes tratamientos fue de 15.54 ± 3.8 y de Panavia F2.0 (cemento que utiliza adhesivo universal autograbante) fue de 13.52 ± 4.6 , valores significativamente mayores ($P < 0.05$) que con los otros cementos. Los

disintos tratamientos previos de superficie no influyeron en los valores registrados de resistencia de la unión ($P > 0.05$).

1.5. Justificación de la Investigación

Desde un aspecto teórico, es importante conocer las propiedades y el rendimiento de los diversos biomateriales odontológicos, siendo los estudios in vitro realizados en ambientes controlados y grupos aleatorios, un buen punto de partida, pues brindan información, que permite el diseño de futuros estudios clínicos que eleven el nivel de evidencia disponible para la elaboración de guías clínicas sobre la rehabilitación de dientes con tratamiento endodóntico.

Desde un punto de vista práctico, ante la escasa producción de estudios clínicos aleatorizados bien diseñados sobre el tema, estudiar la eficacia de los protocolos de cementación de postes de fibra de vidrio, a través de estudios in vitro, con pruebas que han demostrado fiabilidad, brindan información útil para la práctica clínica que puede facilitar una adecuada selección de materiales y procedimientos, cuando sea requerido rehabilitar dientes con tratamiento endodóntico que requieran el uso de postes.

Desde una perspectiva social, siempre es necesario investigar de manera independiente el rendimiento de los diferentes biomateriales utilizados en Odontología, así como los protocolos que con ellos se desarrollan, para posteriormente de manera objetiva, con base en la evidencia disponible, los odontólogos restauradores utilicen los que sean más beneficiosos para la comunidad en general.

1.6. Limitaciones de la investigación

Para facilitar el estudio de las variables, la investigación realizada fue de tipo experimental in vitro, por lo que los resultados deben ser interpretados con cautela por la dificultad para extrapolarlos con exactitud a un organismo vivo.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo General

Comparar la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio utilizando diferentes protocolos de cementación adhesiva.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar la fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio utilizando un protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal a nivel de los tercios cervical, medio y apical.
- Determinar la fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio utilizando un protocolo de autograbado con adhesivo universal a nivel de los tercios cervical, medio y apical.
- Determinar la fuerza de adhesión de los postes de fibra de vidrio utilizando un protocolo de cementación autoadhesivo a nivel de los tercios cervical, medio y apical.
- Comparar la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio utilizando un protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal, uno de autograbado con adhesivo universal, y uno de protocolo de cementación autoadhesivo a nivel de los tercios cervical, medio y apical.

1.8.Hipótesis

La hipótesis de investigación es que existe diferencia significativa en la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio utilizando diferentes protocolos de cementación adhesiva.

Las hipótesis estadísticas son:

H_0 : No existe diferencia significativa en la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio utilizando diferentes protocolos de cementación adhesiva.

H_1 : Sí existe diferencia significativa en la fuerza de adhesión de postes de fibra de vidrio utilizando diferentes protocolos de cementación adhesiva.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Postes de fibra de vidrio*

La falta de tejido coronario remanente de dientes tratados endodónticamente muy destruidos, puede resultar en retención y resistencia deficientes de una futura restauración indirecta, por lo que puede ser necesario el uso de postes intrarradiculares que brinden retención del material de reconstrucción del núcleo. (Cloet et al., 2017). Estudios como el de Pinto, et al. (2019) demuestran que los postes de fibra también ayudan a disipar y distribuir las tensiones oclusales a lo largo del tejido dentario remanente, lo que no significa que fortalezca la estructura dental remanente. La demanda de tratamientos estéticos también favoreció el desarrollo sistemas de postes de fibra de vidrio, pues generalmente mejoran los el resultado visual de las restauraciones elaborados con materiales estéticos (Robles et al., 2020).

Torbjörner y Fransson (2004) mencionan que los dientes anteriores, debido la dirección de fuerzas no axiales que reciben durante su función, pueden necesitar en muchos casos el uso de postes; a diferencia de las molares, que recibe principalmente fuerzas de dirección axial, además de contar con raíces múltiples y divergentes que brindan un gran soporte a dicho tipo de fuerzas. Un estudio de análisis de elementos finitos mostró que otras opciones sin anclaje radicular como las endocoronas, producen menor tensión a la dentina remanente que el uso de postes (Helal y Wang, 2017). Cloet et al. (2017) mencionan que los premolares pueden necesitar postes, en menor medida que en los dientes anteriores, sobre todo cuando exista desoclusión lateral de grupo o parafunción.

La restauración de dientes empleando materiales con características mecánicas semejantes a la dentina permiten el desarrollo de un complejo biomecánico homogéneo. El módulo elástico de los postes de fibra es muy cercano al que tiene caracteriza a la dentina, por lo que al ser adheridos a la dentina radicular se conforma una estructura que permite una distribución homogénea de la tensión, disminuyendo el riesgo de fracturas radiculares (Barbosa et al., 2019).

2.1.1.1. Composición de los Postes Fibra de Vidrio. En la actualidad están compuestos por un alto volumen porcentual de fibras de sílice preestiradas incluidas en una estructura polimérica de resina epóxica o Bis-GMA (bisphenol A-glycidyl methacrylate) con algunos rellenos, que presenta un importante grado de conversión polimérica, con una configuración altamente reticulada que enlaza las fibras (Lamichhane et al., 2014).

Previamente las fibras deben ser tratadas con un recubrimiento de silano (silanización) para crear una unión eficiente entre las fibras y la matriz (Ubal dini et al., 2018). El silano (trialcoxysilano organofuncional), que contiene átomos de silicio, se caracteriza por tener doble reactividad para formar enlaces covalentes con la matriz y el relleno inorgánico. La molécula tiene un extremo orgánico-funcional capaz de reaccionar y polimerizar con la matriz orgánica; presenta también grupos alcoxi con potencial de reacción con el relleno inorgánico de la fibra de vidrio. Además, este compuesto también mejora la humectabilidad de las fibras para mejorar su unión con la matriz (Matinlinna et al., 2004).

La longitud y disposición de las fibras convierten a este tipo de postes en un material anisótropo, lo que significa que su comportamiento mecánico varía en función de la dirección de la carga que soporta. Existe dependencia entre la orientación y longitud que presentan las fibras y la capacidad de reforzamiento que brindan, que es la más óptima, cuando van en contra de la dirección conocida de la tensión (Vallittu, 2014).

Los fabricantes calculan el módulo elástico de estos postes con un ángulo de incidencia de 30 grados, aproximada a la media real que se produce durante la masticación y los movimientos excéntricos. La dentina humana se caracteriza por tener un módulo de elasticidad próximo a 18.6 Gigapascales (GPa), a diferencia de los postes de acero inoxidable con aproximadamente 200 GPa, y el de los postes de aleación de titanio es de 110 GPa (Boksman et al., 2013). El módulo elástico de los postes reforzados con fibra es de aproximadamente 20 GPa cuando la carga incide con una angulación de 30 grados. El módulo de elasticidad de los postes de fibra de vidrio, similar al del tejido dentinario, permite un mejor comportamiento mecánico conjunto ante las cargas oclusales (Lamichhane et al., 2014).

2.1.2. Efecto Férula

Para que un tratamiento que implique el uso de postes en dientes tratados endodónticamente resulte exitoso, es importante considerar el “efecto férula”, el cual consiste en una preparación de la estructura coronaria remanente, para que sea encapsulada por la restauración coronaria. La preparación debe ser diseñada con las dimensiones necesarias para prevenir la concentración de estrés en la unión cemento-esmalte, disminuyendo el riesgo de fractura. Este efecto de tipo collar también brinda estabilidad a la restauración coronaria evitando su rotación (Terry y Swift, 2010). Una

revisión sistemática refiere que las dimensiones recomendadas son de 1 a 2 mm de altura de remanente coronario, desde la línea de terminación, y 1 mm de grosor de las paredes en más del 75% de la circunferencia coronaria. Se encontraron tasas de supervivencia a los 5 años del $98\pm 2\%$ cuando se mantienen las dimensiones mencionadas, valores significativamente diferentes ($93\pm 3\%$) que cuando no se mantienen. A los 17 años, las supervivencia manteniendo las dimensiones es de 84%, significativa mayores que cuando no se mantienen (71%) (Naumann et al., 2017).

2.1.3. Adhesión a la Superficie de Postes de Fibra de Vidrio

La principal causa de fracaso clínico cuando se restauran dientes utilizando postes de fibra de vidrio es la ruptura de la unión poste, mientras que con postes metálicos es la fractura radicular (Ubal dini et al., 2018). Un estudio clínico aleatorizado con un seguimiento de 11 años muestra que el fracaso de postes de vidrio por desunión alcanza el 29.3% (Naumann et al., 2017). Para conseguir la optimización de la unión, es indispensable conseguir una adhesión eficiente al sustrato dentinario de la raíz, así como a la superficie del poste (Ubal dini et al., 2018).

Con la finalidad de mejorar la adhesión al poste, se han estudiado diferentes tratamientos de su superficie (Moraes et al., 2015). Las estrategias de tratamiento del poste pueden buscar: 1) aumentar la rugosidad de la superficie, eliminando una capa de la matriz resinosa, para producir retención micromecánica y exponer las fibras, como el arenado o el grabado ácido; 2) tratamiento a través de un procedimiento químico, aplicando un primer que interactúa químicamente con la superficie del poste; o 3) Combinar retención micromecánica y unión química.

La abrasión por aire con partículas de alúmina produce un aumento de la rugosidad y del área de superficie, permitiendo un aumento de la retención micromecánica (Radovic et al., 2017). Sin embargo, incluso la abrasión con aire suave puede crear grietas en las fibras de los postes expuestos (Phark et al., 2012), asimismo, un estudio mostró que no produce un aumento significativo la fuerza adhesiva (Kırmali et al., 2017).

El uso de ácidos fuertes como el ácido fluorhídrico o la aplicación de peróxido de hidrógeno (24% y 50%) son tratamientos que buscan eliminar una capa superficial de la resina epóxica para aumentar la rugosidad e incrementar la retención micromecánica, y exponer las fibras de vidrio libres para la unión química al silano (Cadore-Rodrigues et al., 2019). Sin embargo, el uso de ácido fluorhídrico puede producir grietas longitudinales en las fibras de vidrio y debilitar el poste. Adicionalmente, un estudio encontró que los procedimientos de disolución superficial no aumentaban significativamente la resistencia adhesiva de los postes (Amaral et al., 2011)

La silicatización, o recubrimiento tribomecánico, es un mecanismo de abrasión por aire con partículas de óxido de aluminio recubiertas con sílice, que produce microretenciones, aumentando la rugosidad y el área de superficie total; además de fusionar partículas recubiertas de sílice con la superficie, el cual se incrusta al producirse un aumento de la temperatura local. Este protocolo asociado con la silanización puede favorecer la adhesión, combinando mecanismos de retención micromecánica y química (Cadore-Rodrigues et al., 2019).

Una revisión menciona que actualmente la mayor parte de postes de fibra exhibe, de fábrica, una adecuada rugosidad de la superficie, por lo que sólo se indica la limpieza de la superficie del poste con alcohol al 70% (Phark et al., 2012).

Estudios mencionan que la matriz de resina altamente reticulada no es reactiva para lograr unión química, siendo posible la unión química mediante silanización cuando se exponen superficialmente las fibras con procedimientos mecánicos o químicos (Davis et al., 2010). El 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano es el primer de silano más utilizado en los procedimientos clínicos de odontología restauradora. Por lo general, se utilizan prehidrolizados en una solución solvente compuesta de agua y etanol (Perdigão et al., 2006). El silano, generalmente se encuentra en una concentración de 1-5% del volumen. Las soluciones prehidrolizadas de silano, luego de abrir la botella por primera vez, tienen un tiempo de vida útil relativamente corto, pues en pocos días toma un aspecto turbio que no le permite volver a ser utilizado. Debido a ello, surgieron sistemas de silano no hidrolizado en etanol en una botella y una segunda botella con una solución acuosa de ácido acético. Antes de utilizar, se debe realizar una mezcla en pequeñas proporciones de las dos soluciones, lo cual permite la hidrólisis del silano a un pH bajo. Este sistema permite una mayor durabilidad del producto (Lung y Matinlinna, 2012). Actualmente el uso de silano es controversial, estudios como el de Daneshkazemi et al. (2016) muestran resultados estadísticamente favorables de la aplicación de silano respecto al tratamiento de superficie con peróxido de hidrógeno al 30%, al tratamiento con ácido fosfórico al 35% , y al no uso de silano; sin embargo, estudios como el de Robles et al. (2020) muestran que no existe influencia en la fuerza adhesiva entre el grupo en el que se utiliza silano y el grupo que no lo utiliza. Moraes et al. (2015), en una amplia revisión sistemática de estudios in vitro concluye que la silanización aumenta la resistencia

adhesiva de los postes de fibra de vidrio utilizando distintos cementos de resina, cuando se aplica al menos una capa dejando que se evapore el solvente por 60 segundos. Por otro lado, el estudio de Archana et al. (2019) muestra que la termoactivación del silano con una temperatura continua de 80 grados centígrados durante 10 minutos permite incrementar de manera significativa la fuerza de adhesión en comparación con el arenado y la no aplicación de silano, aunque es un procedimiento que exige el uso de hornos especiales de cerámica.

2.1.4. Adhesión a la dentina

Muchos estudios han reportado la dificultad de lograr una unión fiable de las resinas de cementación en la dentina radicular (Ubalini et al., 2018).

La odontología moderna de principios adhesivos, prácticamente inició con los estudios de Buonocore, que mostraron el incremento de la efectividad de la unión mediante el uso del grabado con ácido fosfórico (Buonocore, 1955). La adhesión a la superficie dentaria tiene tres mecanismos que son: la humectación del sustrato, la microrretención o retención micromecánica, y la interacción química.

Es necesaria una adecuada humectación de la superficie para conseguir un buen nivel de contacto interfacial entre el adhesivo y el sustrato. Si el adhesivo no puede humedecer el sustrato, no se puede producir adhesión. Un líquido se puede extender de manera uniforme sobre una superficie sólida, cuando su tensión superficial es menor que la energía libre superficial del sustrato (Van Meerbeek et al., 2020). La adhesión es producto de la interacción de la energía libre de superficial del sustrato dentario con la capacidad humectante del adhesivo, de manera que líquidos orgánicos, como las resinas,

se pueden difundir bien en superficies de alta energía superficial (Baier, 1992). La humectación de una superficie es comúnmente determinada midiendo el ángulo de contacto, el cual idealmente debe ser lo más pequeño posible (Van Meerbeek et al., 2020). Para lograr una adhesión eficiente es necesario mejorar la energía libre superficial de la estructura dentaria con una solución ácida, como el ácido fosfórico, para reducir el ángulo de contacto con el adhesivo que también contiene un agente tensioactivo (Breschi et al., 2009), además de que eliminará el barro dentinario o “smear layer” que interfiere directamente con la humectación de la superficie, ya está contaminada y compacta a través del esmalte y la dentina (Suyama et al., 2013).

La adhesión a la dentina, suele ser complicada por ser un tejido naturalmente húmedo, con los túbulos llenos de líquido, por lo que los sistemas adhesivos deben ser en un principio hidrófilos, es decir, con un bajo ángulo de contacto, que permita humectar adecuadamente la dentina húmeda; mientras que de manera ideal, posteriormente a la polimerización, deben convertirse a un estado hidrófobo, con un alto ángulo de contacto, con la finalidad de evitar la absorción de agua evitar la degradación hidrolítica de la adhesión (De Munck et al., 2005).

Los primeros adhesivos se basaron principalmente en bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA), material relativamente hidrófobo, lo que impedía una adhesión eficiente con un sustrato húmedo como la dentina, humedad que es mayor debido a que el grabado con ácido fosfórico permeabiliza la dentina (Breschi et al, 2009). Posteriormente se desarrollaron adhesivos incorporando monómeros hidrófilos como el 2-hidroxietil metacrilato (HEMA), que permitieron obtener una unión más eficiente a la dentina (Tay y Pashley, 2003).

Un factor que puede afectar la adhesión es el barro dentinario o “smear layer”, que a nivel coronal tiene un espesor de 0.5 a 2 μm , mientras que a nivel intrarradicular tiene un espesor de 40 μm , producto de la preparación biomecánica endodóntica y la preparación del espacio del poste con instrumental rotatorio que produce un barro dentinario compacto rico en restos de sellador endodóntico y gutapercha plastificada (Breschi et al., 2009). Esta gruesa capa de barro dentinario puede afectar una adhesión efectiva (Tao y Pashley, 1989), al interferir con la humectación al encontrarse compactada y contaminada en las superficies de los tejidos dentarios (Mine et al., 2014)

El mecanismo principal de unión a tejidos mineralizados como el esmalte y la dentina, es probablemente la retención micromecánica, la cual puede ser obtenida mecánicamente (fresado y arenado) o a través de medios químicos como es el grabado ácido. El grabado del esmalte elimina cualquier resto del smear layer, además de crear fosas profundas donde de los adhesivos fluyen, generando un enclavamiento micromecánico (Van Meerbeek et al., 2020). En la dentina, depende de que los adhesivos logren infiltrar monómeros hidrofílicos y reemplazar los cristales de hidroxapatita disueltos (3 a 6 μm de profundidad), envolviendo la matriz orgánica que son principalmente fibras de colágeno, formando una capa de interdifusión llamada capa híbrida, creando una adhesión mecánica (Breschi et al., 2018).

La interacción química es el tipo de contacto más íntimo entre átomos y moléculas, el cual contribuye especialmente a la durabilidad de la adhesión. No necesariamente se traduce en mayores fuerzas de adhesión, pero sí en su menor reducción de dichas fuerzas con el paso del tiempo (Van Meerbeek et al., 2020).

El acondicionamiento de la dentina radicular, se puede realizar siguiendo uno de los siguientes tres protocolos o sistemas: 1) “Etch and rinse” o grabar y lavar , 2) “self etch” o de autograbado, 3) cemento de resina autoadhesivo.

2.1.4.1. Protocolo de Grabado y Enjuague (Etch and Rinse). El protocolo que utiliza la técnica de grabado y enjuague implica un grabado con ácido fosfórico 30-40%, por un tiempo máximo de 15 segundos, el cual será enjuagado posteriormente, para eliminar el barro dentinario o “smear layer” producido en la preparación dentaria, lo que produce fosas anchas y profundas entre los prismas del esmalte, generando microrretenciones donde se infiltrará la resina; mientras que a nivel dentinario produce una desmineralización de la dentina intertubular de una profundidad de entre 3 y 6 μm , exponiendo una intrincada red de fibras colágenas (Van Meerbeek et al., 2020), principalmente tipo I, que representan casi el 90% de su composición orgánica, diferente a la dentina peritubular que es altamente mineralizada con bajo contenido de fibras de colágeno tipo I, por lo que el grabado permeabiliza los túbulos dentinarios eliminando los “smear plugs” o tapones residuales (Breschi et al., 2009). Los monómeros de resina deberían infiltrarse por completo, reemplazando el agua del enjuague en que se encuentra suspendida esta red desmineralizada de fibras colágenas, para producir la “capa híbrida”, estableciendo una unión micromecánica al polimerizarse el adhesivo, mientras que la penetración del adhesivo dentro de los túbulos dentinarios produce los llamados “tags dentinarios”, los cuales son más profundos en dientes tratados endodónticamente debido a que no existe presión pulpar contraria; sin embargo, la importancia de los “tags dentinarios” es controvertida pues estudios muestran que la la fuerza de unión se reduce en la dentina profunda, donde la mayoría del sustrato está representado por túbulos dentinarios, confirmando que conseguir hibridizar la dentina a nivel intertubular es

decisivo para para la unión a la dentina. Sin embargo, la humedad de la dentina, la cual se encuentra permeable al eliminar el barro y tapones dentinarios, impide una infiltración consistente del sistema adhesivo, dejando zonas de infiltración incompleta a lo largo de la capa híbrida. (Breschi et al., 2018).

Los sistemas adhesivos de cuarta generación utilizan, posteriormente al enjuagado del ácido de grabado, un primer que contiene monómeros hidrofílicos, como el 2-hidroxietil metacrilato (HEMA), de bajo peso molecular, pequeño tamaño y buena humectación superficial que permite una buena infiltración en la red de fibras colágenas desmineralizadas, cuando son aplicados con una frotación de 10 a 20 segundos (Van Meerbeek et al., 2020). Los monómeros de los primers se encuentran disueltos en solventes compuestos por combinaciones de agua, etanol o acetona, que transportan los monómeros y la resina, envolviendo las fibras colágenas, facilitando la infiltración. Después de su aplicación se debe aplicar un suave chorro de aire por al menos 15 segundos, para evaporar los solventes, pues de mantenerse luego de la infiltración puede dañar la hibridización y la polimerización de la resina (Awad et al., 2019). El primer hace más receptiva a la red de fibras colágenas a una infiltración con monómeros más hidrófobos compatibles con los materiales restauradores o cementos resinosos (Van Meerbeek et al., 2020). Sin embargo, debido a las características hidrofílicas de estos monómeros, la resina absorbe agua, generando una capa híbrida permeable después de polimerizar, que permite el movimiento de agua a través de ella (Tay et al., 2002). El movimiento del agua, con el tiempo, produce amplios canales y una degradación rápida de la capa híbrida, pues los adhesivos de metacrilato, presentan grupos susceptibles a la degradación hidrolítica, como el éster y el uretano, como los grupos hidroxilo, carboxilo y fosfato; además el desgaste mecánico de la capa híbrida degradada puede originar

microfiltraciones, que producen una exposición prolongada a los fluidos orales, propiciando también la hidrólisis química y el ataque enzimático de los enlaces (Frassetto et al., 2016). La penetración del agua facilita la lixiviación de la resina infiltrada, la cual se disuelve y es extraída de manera lenta y gradual, dejando expuestas las fibras colágenas a las metaloproteinasas de la matriz, enzimas endógenas de acción proteolítica.

Las metaloproteinasas de la matriz son endopéptidasas dependientes de zinc y calcio, que cumplen un rol fundamental en diversos eventos fisiológicos y patológicos por su función de degradación de la gran mayoría de elementos de la matriz extracelular. En el complejo dentinopulpar han sido identificados varios tipos de metaloproteinasas de la matriz como la estromelina 1 (MMP-3), la colagenasa (MMP-8), la gelatinasa A (MMP-2) y la gelatinasa B (MMP-9) (Tay y Pashley, 2003). Estudios indican que los ácidos bacterianos en la caries dental, producen desmineralización, activando las metaloproteinasas de la matriz del huésped, las que serían finalmente las encargadas de degradar la matriz dentinaria en el progreso de lesiones cariosas. Estudios actuales también indican que estas enzimas son expuestas y activadas en procedimientos adhesivos y son responsables del proceso de degradación casi completo en porciones de capas híbridas, sobre todo en regiones pobremente infiltradas (Frassetto et al., 2016). Para impedir que agua infiltre la capa híbrida, es importante que sea hidrófoba luego de su polimerización, evitando la degradación de tipo hidrolítico (De Munck et al., 2005).

Con la finalidad de simplificar los procedimientos adhesivos, se desarrollaron sistemas de una sola botella, de aplicación posterior al grabado ácido, denominados adhesivos de quinta generación. La disminución de pasos clínicos disminuiría la posibilidad de errores. Estos sistemas combinan los monómeros hidrófilos e hidrófobos en

un solo envase. Su rendimiento suele mejorar cuando es aplicado en dos o más capas, de manera similar al sistema de múltiples pasos (Van Meerbeek et al., 2020). Estos sistemas suelen tener menor cantidad de resina en su contenido con mayor cantidad de solventes, lo que produce una capa adhesiva delgada con menor capacidad de absorber estrés y menor resistencia mecánica; además tienen una alta hidrofiliidad que puede provocar una mayor permeabilidad de absorción de agua (Tay et al., 2002). Una infiltración incompleta de la red de fibras desmineralizadas de la dentina produce una capa híbrida menos compacta y menos resistente a la degradación hidrolítica y enzimática. Una interacción química fuerte y duradera no debería esperarse con estos sistemas (Van Meerbeek et al., 2020)

2.1.4.2. Protocolo de Autograbado (Self Etch). Los sistemas adhesivos autograbantes buscan solucionar problemas que se presentaban al utilizar sistemas adhesivos que necesitan el grabado con ácido ortofosfórico y lavado. Estos sistemas adhesivos autograbantes contienen monómeros funcionales ácidos específicos que, en gran medida, determinan el rendimiento adhesivo. Los monómeros funcionales ácidos disuelven parcialmente el barro dentinario y desmineralizan la hidroxiapatita, exponiendo la matriz orgánica e infiltrándola casi simultáneamente y a la misma profundidad, asegurando una penetración completa del adhesivo, generando una hibridación que brinda retención micromecánica (Carvalho et al., 2005). Adicionalmente, de manera potencial, pueden obtener unión química estable entre los monómeros y el calcio de la fase mineral (Van Meerbeek et al., 2011).

La profundidad de interacción de los adhesivos de autograbado en la dentina es de unos pocos cientos de nanómetros utilizando sistemas adhesivos de autograbado ultra suave con un pH mayor a 2.5, una profundidad de interacción aproximada de 1 μm con

sistemas adhesivos de autograbado suave con un pH aproximado de 2, una profundidad de interacción de entre 1 y 2 μm con sistemas adhesivos de autograbado moderadamente fuerte con un pH de entre 1 y 2, y una interacción de varios micrómetros de profundidad con sistemas adhesivos de autograbado fuerte con un pH menor a 1. Sólo con los sistemas adhesivos de autograbado fuertes se conforman los clásicos tags de resina en túbulos dentinarios, mientras que con los sistemas adhesivos de autograbado suaves se consigue desmineralizar parcialmente el barro dentinario de los túbulos e infiltrarlos, conformando los denominados tapones dentinarios o “smear plugs”. El rendimiento adhesivo de sistemas de autograbado es muy variable, dependiendo no solamente su rango de interacción, sino también de la composición de su formulación, principalmente del monómero funcional del adhesivo (Van Meerbeek et al., 2011).

La interacción química de los sistemas autoadhesivos autograbantes se logra a través de monómeros funcionales específicos, como 10-MDP (10-metacrililoxidecil dihidrogeno fosfato), 4-MET (ácido 4-metacriloxietil trimelítico) o Fenil-P (2-metacriloxietilfenilo hidrogenofosfato) . A través de los grupos carboxílicos o fosfatos de dichos monómeros funcionales se forman enlaces iónicos con el calcio de la hidroxiapatita, sin embargo estos enlaces deberían ser estables en un medio acuoso, siendo el enlace que establece 10-MDP el más efectivo y estable en dichas condiciones, seguido de 4-MET y de Fenil-P (Van Meerbeek et al., 2011).

La hidrofiliidad del 10-MDP permite la ionización de su extremo fosfato con el agua, liberando hidrógenos, provocando la disminución del pH aproximadamente a 2, produciéndose la desmineralización de la hidroxiapatita. Al liberar hidrógenos, toma una carga negativa, uniéndose al calcio de carga positiva por atracción electrostática. Al

desmineralizarse la hidroxiapatita se produce una liberación de calcio que hace posible que el 10-MDP se autoensamble un polímero tras otro en una estructura de nanocapas de aproximadamente 4 nm, proceso impulsado por la formación estable de sales de 10-MDP-Calcio, que brinda un mayor hermetismo y estabilidad en el tiempo (Fukeyawa et al., 2006).

La clasificación de los sistemas de mecanismo autograbadador se basa en los pasos que requieren para su aplicación, en sistemas de dos pasos y de un paso. Los sistemas adhesivos de autograbado de dos pasos, también denominados adhesivos de sexta generación, se basan en la aplicación separada de una imprimación autograbante hidrófila seguida de una resina de unión hidrofóbica, mientras que los de un solo paso, también denominados de séptima generación, combina la imprimación autograbante y la resina adhesiva en un solo paso. Sin embargo, estos adhesivos de “un solo paso” pueden requerir varias aplicaciones del adhesivo y, por lo tanto, en realidad más pasos son necesarios para obtener buenos resultados clínicos. Van Meerbeek et al., 2020).

Clearfil SE Bond 2 (Kuraray Noritake, Tokio, Japón), de la sexta generación, utiliza 10-MDP en su formulación, es el sistema que obtuvo la media más alta de resistencia adhesiva inmediata y a un año de su colocación, entre los sistemas autograbadadores de uno o dos pasos, sólo siendo comparable con el de mayor resistencia adhesiva de grabado y enjuague o cuarta generación (De Munck et al., 2012). En un ensayo clínico con 13 años de seguimiento, la tasa de retención de restauraciones de lesiones cervicales no cariosas utilizando Clearfil SE Bond 2 fue de 96% (Peumans et al., 2015).

Entre los de séptima generación, uno de los primeros fue Adper Prompt-L Pop (3M ESPE, Seefeld, Alemania), que ganó buena popularidad rápidamente por su fácil aplicación. En su formulación se encuentran ésteres metacrílicos de ácido fosfórico como monómeros funcionales disueltos en agua, monómeros como el fosfato de diHEMA que no son muy estables en agua; incluso contenía ácido fosfórico, determinantes para su bajo pH y su capacidad fuerte de autograbado. Debido a ello, se producía una demineralización importante, comparable a la conseguida con adhesivos de grabado y enjuague, por lo que en esmalte tenían un redimiento aceptable, mientras en dentina se formaba una capa híbrida gruesa de 3 a 4 μm , por una gran exposición de la red de fibras colágenas, sin eliminar los minerales disueltos, sino integrándolos. La capa híbrida. Su fracaso se debió a la falta de soporte mineral de la fase orgánica que se exponía en gran cantidad, lo que dificulta la infiltración de los monómeros adhesivos, además de carecer de unión química entre los monómeros y el sustrato; además de permanecer altamente hidrofílicas después de su polimerización, haciéndolas más sensibles a degradación hidrolítica, por lo que sus tasas de fracaso fueron más altas respecto a los sistemas adhesivos de referencia (Van Meerbeek et al., 2020).

Actualmente, han evolucionado a Los adhesivos autograbadores de un paso " moderadamente fuertes" buscaron una adhesión efectiva al esmalte, manteniendo el potencial de unión química a la dentina. 1-SEa G-Bond (GC, Tokio, Japón) combina los monómeros funcionales 10-DMP y el ácido 4-metacrililoiloxietil trimelítico (4-MET), que en estudios clínicos ha tenido altas tasas de supervivencia a nueve años comparable con el adhesivo gold standard de cuarta generación (Peumans et al., 2018). De manera similar, el adhesivo autograbador de "un solo paso" Optibond XTR (Kerr, California, Estados Unidos de América) basado en GPDM (monómero glicerol difosfato), ha obtenido un

éxito importante a los 3 años de seguimiento en estudios clínicos (Van Dijken & Pallesen, 2017).

Los adhesivos universales, la octava generación, pueden ser utilizados con protocolo de grabado y enjuague, como también con protocolo de autograbado. Se han convertido en una tendencia odontológica, debido a su simplicidad, flexibilidad y un menor número de pasos para su aplicación (Jang et al., 2016).

Posteriormente a la expiración de la patente del 10-MDP, los fabricantes comenzaron a incorporarlo en nuevas formulaciones, elaborando nuevos adhesivos. Scotchbond Universal Adhesive (3M Oral, St. Paul, Minnesota, Estados Unidos de América.) Fue el primer adhesivo universal, sin embargo, luego se produjeron adhesivos para uso con distintos tratamientos de sustrato dentario, tiempos menores para dichos tratamientos de sustrato, distintas cantidades de humedad superficial y para uso con cementos de resina. A pesar de todo ello, algunos estudios sugieren que la estabilidad y durabilidad de la unión de muchos adhesivos universales es inferior a la de los sistemas adhesivos autograbantes de dos pasos. (Yamauchi et al., 2019). Suda et al. (2018) demostraron que sobre esmalte, los adhesivos universales en modo autograbante, tienen menor resistencia adhesiva que cuando se realiza el grabado previo con ácido ortofosfórico al 37%. Tsujimoto et al. (2017) determinaron que la resistencia adhesiva en dentina que producen muchos adhesivos universales es menor que la de los sistemas adhesivos autograbantes de dos pasos, salvo algunos adhesivos universales como Scotchbond universal.

Para mejorar la eficacia de los adhesivos universales, un estudio recomienda la producción de una capa adhesiva doble o triple con sistemas adhesivos universales para mejorar su rendimiento, aunque debido a la diferencia de formulación, la forma de aplicación y su rendimiento es dependiente del producto. Los autores del estudio explican que al aplicar más capas se puede crear una capa adhesiva, que puede equilibrar eficazmente la tensión en la interfaz diente -adhesivo generada por la contracción de polimerización, carga mecánica o cambios de temperatura, además que la aplicación adicional de adhesivo podría sellar la capa inhibida por el oxígeno no polimerizada, aumentando su grado de conversión, permitiendo una polimerización más completa y por ello, a una adhesión más resistente (Zecin-Deren et al., 2019).

2.1.4.3. Cementos de Resina Autoadhesivos. Los procedimientos de cementación adhesiva son complejos y técnicamente sensibles. Los fabricantes y los dentistas desean simplificar los procesos, disminuyendo los pasos a realizar. Estos cementos de resina autoadhesivos buscan combinar la practicidad de los métodos convencionales de cementación y las ventajas de los agentes de cementación adhesivos como sus propiedades mecánicas mejoradas, capacidad de unión que permite incrementar la resistencia intrínseca de las restauraciones de cerámica o resina, además de bajos índices de solubilidad (Weiser & Behr, 2015).

Muchos procedimientos de cementación adhesiva se realizan en circunstancias desfavorables a nivel de sustrato como en la dentina alterada o en preparaciones con márgenes infragingivales que dificultan el aislamiento de campo operatorio. Combinados, todos estos factores, pueden tener un impacto significativo en la aplicación de adhesivos y su desempeño clínico posterior cuando se utilizan cementos de resina que requieren su

uso previo. La presencia de monómeros ácidos funcionales, mecanismo de fraguado de curado dual y rellenos capaces de neutralizar el pH bajo inicial del cemento son elementos del material clínicamente relevantes esenciales que deben entenderse al seleccionar el material de cementación ideal para cada situación clínica particular (Manso & Carvalho, 2017).

Los cementos autoadhesivos de resina tienen una presentación de dos partes a ser mezcladas manualmente o con dispositivos de automezcla. Una de las partes está compuesta por monómeros convencionales mono, di o multimetacrilato como Bis-GMA, HEMA, UDMA, TEGDMA, entre otros. Para conseguir la unión a la superficie dentario, es necesaria la desmineralización de su fase inorgánica, para lo cual son utilizados monómeros funcionales ácidos, principalmente 4-MET, glicerol piromelítico dimetacrilato (PMGDM); o grupos de ácido fosfórico, Fenil-P, 10-MDP, entre otros. El monómero ácido utilizado es muy importante, pues como se mencionó previamente el 10-MDP demuestra unión química estable debido a la composición de sales con el calcio, mientras que los monómeros 4-MET y el Fenil P producen sales con una estabilidad frente a la disolución limitada (Ferracane et al., 2011).

La formulación de estos materiales debe encontrar un equilibrio en la concentración de los monómeros funcionales ácidos, que no permita un exceso que determinaría un polímero final excesivamente hidrofílico, sensible a la degradación hidrolítica, pero en una cantidad que permita el autograbado necesario para lograr la unión a los sustratos dentarios. Al ser mezclados, estos cementos son muy hidrófilos, facilitando una buena adaptación a la superficie del sustrato debido a su humectancia, sin embargo, se vuelven hidrófobos al reaccionar con el calcio del sustrato y con los rellenos

inorgánicos que suelen ser combinaciones de vidrios de fluoroaluminoborosilicato de bario, de aluminosilicato de calcio y estroncio, cuarzo, sílice, entre otros, que al disolverse parcialmente neutralizan la acidez, además de suministrar iones de sodio, calcio, silicato y fluoruro que pueden participar en polimerización del material, proporcionando radicales libres para un mecanismo de fotoactivación que actuarán en conjunto con el curado redox (Ferracane et al., 2011).

Estudios han demostrado que los cementos autoadhesivos de resina son mecánicamente más resistentes que los cementos convencionales, sin base de resina. Algunos de estos cementos presentan una resistencia a la flexión similar a los cementos de resina convencionales, sin embargo, la resistencia a la flexión y al desgaste pueden variar ampliamente entre los cementos de resina autoadhesivos comerciales. Además, de manera general, los cementos autoadhesivos tienen propiedades mecánicas más bajas que los sistemas convencionales de resinas de cementación (Furuichi et al., 2016). Pese a ello, los cementos autoadhesivos son una alternativa clínica viable, considerando sus propiedades mecánicas, en los casos en que se supera la necesidad de propiedades mecánicas exigentes, como en los casos de postes de fibra de vidrio, coronas con núcleo metálico o de zirconio, y cuando la humedad dificulta la aplicación de adhesivos (Manso & Carvalho, 2017).

Respecto a su desempeño clínico, estudios han demostrado que los protocolos que graban selectivamente el esmalte no mejoran significativamente la retención y la supervivencia de coronas parciales cerámicas, con seguimiento de 6.5 años, salvo en los casos particulares con grandes reconstrucciones de muñones o con reducida cantidad de esmalte o dentina disponible para la unión, casos en los que sí es recomendable (Baader et

al., 2016). En cuanto a la unión con la dentina, se ha demostrado que el pregrabado afecta negativamente la eficacia de la unión, pues al exponer de manera importante las fibras colágenas, es probable que estos cementos no logren infiltrarlas adecuadamente (Manso & Carvalho, 2017).

Existen varios desafíos en el escenario clínico de la cementación de postes en la dentina radicular, como el control de la humedad, la aplicación adecuada del sistema adhesivo y la fotopolimerización del cemento. Frente a ello, los cementos autoadhesivos de resina, al reducir el número de pasos, es quizás menos sensible a la técnica que otras estrategias que necesitan la aplicación de un sistema adhesivo en el sustrato y en la superficie de los postes, sin embargo una revisión sistemática encuentra una gran heterogeneidad en los resultados de los estudios realizados (Sarkis-Onofre et al., 2014). Respecto al estrés de polimerización, un estudio muestra que producen menos estrés en comparación con los demás protocolos de cementación adhesiva, lo que tiene una relación significativa con la microdureza de los materiales (Frassetto et al., 2012).

2.1.5. Prueba Push Out

Convencionalmente, la fuerza de adhesión obtenida al cementar postes de fibra en conductos radiculares, ha sido evaluada con pruebas convencionales de cizallamiento y tracción, sin embargo, existen serias limitaciones en estos métodos, debido a la falta de alineación entre sustratos e interfaces adhesivas, además, debido al incremento de las capacidades adhesivas de las resinas de cementación, se incrementaron las fallas cohesivas, dejando de analizar la resistencia interfacial (De Munck et al., 2005).

La técnica de microtensión permitió reflejar la prueba de resistencia máxima a la tracción, de los tejidos dentarios, de manera más cercana, la verdadera resistencia de la unión interfacial en superficies pequeñas, en distintas zonas del sustrato para evaluar posibles variaciones, además de la permitir multiplicar los especímenes o muestra a partir de cada diente. La técnica resultó prometedora, siempre que se produzca ningún error en las fases de corte para conseguir los especímenes, que son muy pequeños y debe realizarse de manera controlada (Goracci et al., 2007).

El potencial de la prueba de push out o de expulsión, para evaluar la resistencia al desalojo de los postes cementados se empezó a analizar de manera fiable a partir de cortes finos para obtener segmentos radiculares al seccionar la raíz en una serie de cortes de uno o dos milímetros de grosor y cargar de forma compresiva la sección del poste dentro de cada corte con un pistón compresor de tamaño adecuado, hasta la ruptura de la unión. La segmentación radicular favorece la uniformidad de la tensión mediante la carga de muestras de menor tamaño, además permitió diferenciar las condiciones de unión en diferentes niveles radiculares. La prueba push out, en múltiples estudios, proporcionó resultados consistentes, revelándose como una herramienta más práctica que la de microtensión (Goracci et al., 2007).

La prueba push out se realiza con una máquina de prueba universal, que transmite una carga con un pistón compresor que cubre casi totalmente el material sometido a prueba, sin contactar los márgenes de la estructura que lo contiene, hasta su separación del sustrato; para ello es recomendable que el diámetro del émbolo sea del 85% que el del material sometido a prueba, evitando que al tener menores dimensiones pueda provocar perforaciones en el material (Sirisha et al., 2014).

III. Método

3.1. Tipo de Investigación

- Experimental, de acuerdo al control de las variables.
- In vitro, por el ambiente de su ejecución, fuera de un organismo vivo.
- Comparativo, de acuerdo al propósito de la investigación.
- Prospectivo, debido a la temporalidad de la recolección de datos.

3.2. Población y Muestra

- Universo: dientes bovinos
- Muestra: 90 especímenes obtenidos de 30 dientes bivanos, 30 especímenes por cada grupo. La muestra se obtuvo a través de la fórmula de comparación de medias con el software STATA 15, en base a datos obtenidos en la prueba piloto que dio como resultado 10 por cada grupo.

3.3. Operacionalización de Variables

Variable	Definición	Indicador	Tipo	Escala	Categoría/Valores
<p>Independiente</p> <p>Protocolo de cementación adhesiva</p>		<p>Protocolo de cementación adhesiva de postes de fibra de vidrio</p>	Cualitativa	Nominal	<p>Protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal y cemento de resina</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel cervical - Nivel medio - Nivel apical <p>Protocolo de autograbado con adhesivo universal y cemento de resina</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel cervical - Nivel medio - Nivel apical <p>Protocolo con cemento de resina autoadhesivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel cervical - Nivel medio - Nivel apical
<p>Dependiente</p> <p>Fuerza de adhesión</p>	<p>Fuerza que mantiene unidas estructuras protésicas a sustratos dentarios ante fuerzas de desalojo</p>	<p>Prueba Push out en máquina de universal de ensayos AMSLER</p>	Cuantitativa	Razón	<p>Megapascales</p>

3.4. Instrumentos

Para realizar la prueba Push out se utiliza una máquina de universal de ensayos Amsler (Amsler Equipment Inc., Ontario, Canadá) con capacidad de 5 Toneladas, que mide el esfuerzo de corte en Kg/mm^2 (Megapascales) en la que se produce el desalojo del poste del conducto radicular.

3.5. Procedimientos

Se seleccionaron treinta dientes bovinos unirradiculares, sin defectos estructurales y de dimensiones similares. Se desinfectaron por inmersión en una solución de timol al 0.1% por un día y luego almacenados en agua destilada y refrigeración. Las coronas fueron cortadas a nivel de la unión cemento-adamantina con instrumental rotatorio de baja velocidad refrigerado por agua con disco biactivo de diamante de 22 mm de diámetro y 0.15 mm de grosor (KG Sorensen, Sao Paulo, Brasil) a nivel de la unión cemento-adamantina, obteniendo raíces de 16 mm de longitud. Se realizó el tratamiento endodóntico con limas rotatorias (Sistema universal Protaper, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) con irrigación utilizando una solución al 2.5% de hipoclorito de sodio, para posteriormente sellarlos con puntas de gutapercha (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) con técnica de condensación lateral, utilizando un sellador con base de resina epóxica (AH plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza). Luego de un almacenamiento de siete días en agua destilada a una temperatura de 37°C , fueron preparados los espacios para los postes en los conductos radiculares con los instrumentos rotatorios provistos por el fabricante de los postes (Whitepost DC N° 1; FGM, Sao Paulo, Brasil) con una longitud de 12 mm, con la finalidad de mantener 4 mm de material de sellado apical, realizando la irrigación con hipoclorito de sodio en solución al 2.5% y

luego con agua destilada. El control de humedad se realizó con conos de papel absorbente (Puntas de papel absorbente; Dentsply Intl, Charlotte, Estados Unidos de Norteamérica). Los postes fueron limpiados con alcohol al 70 % con un gasa por 15 segundos y secado con aire, posteriormente se colocaron activamente dos capas de silano por un minuto cada una (Prosil; FGM, Brasil), dejando evaporar el solvente durante un minuto entre cada capa.

De manera aleatoria, se formaron tres grupos de 10 dientes, con distintos protocolos de cementación adhesiva. En el primer grupo se utilizó un protocolo de grabado y enjuague con ácido ortofosfórico al 37% (Grabador Scotchbond universal, 3M ESPE AG Dental Products Seefeld, Alemania), y la posterior aplicación de un adhesivo universal (Single bond Universal, 3M ESPE AG Dental Products Seefeld); en el segundo grupo se utilizó un protocolo de autograbado con el mismo adhesivo universal y un cemento de resina de polimerización dual (RelyX Ultimate, 3M ESPE AG Dental Products Seefeld, Alemania); mientras que en el tercer grupo se utilizó un protocolo con un cemento autoadhesivo (RelyX U200; 3M ESPE AG Dental Products Seefeld, Alemania).

Los conductos radiculares de los dientes del primer grupo, recibieron grabado ácido por un tiempo de 15 segundos con un posterior lavado profuso con agua por 60 segundos. Los conductos radiculares del primer y segundo grupo fueron secados con conos de papel, se les aplicó dos capas de adhesivo universal (Single bond universal) realizando un frotamiento activo, siendo eliminado el exceso utilizando conos de papel, para luego evaporar el solvente con pera de aire por 15 segundos. Seguidamente, a los postes, ya limpiados y silanizados; correspondientes al primer y segundo grupo, se les

aplica una capa de adhesivo, y se evaporó el solvente con pera de aire por 15 segundos. Posteriormente, en el primer y segundo grupo se cementan los postes con el cemento de resina de polimerización dual (RelyX Ultimate). En el tercer grupo, solamente se secaron los conductos con conos de papel, y se cementaron los postes con cemento autoadhesivo (Relyx U200). La polimerización de los cementos se realizó con una lámpara led de 3ª generación (Valo, Ultradent, Estados Unidos de Norteamérica) durante 40 segundos por el lado vestibular y otros 40 segundos por lingual.

Después de los procedimientos de cementación, los dientes fueron almacenados en agua a una temperatura de 37° C por 24 horas. Las muestras se seccionaron perpendicularmente a la eje largo del poste, siguiendo las normas ISO, utilizando un disco de diamante de 0.15 mm de grosor y 22 mm de diámetro(KG Sorensen; Sao Paulo, Brasil) con instrumental rotaorio de baja velocidad, refrigerada con agua. Especímenes de 2 mm de espesor se obtuvieron para cada tercio evaluado (cervical, medio y apical). Se midieron espesores con un calibrador digital (Mitutoyo Corp, Kanogawa, Japón). La prueba push out fue realizada con una máquina universal de ensayos Amsler (Amsler Equipmet Inc, Ontario, Canadá).

3.6. Análisis de Datos

El análisis de datos recolectados fue realizado con STATA 15. Se utilizó estadística descriptiva para realizar el análisis univariado, registrando la media, desviación estándar, valores máximo y mínimo. La normalidad de los datos fue evaluada con la prueba de Shapiro Wilk. Al encontrar una distribución normal de los datos en los grupos, la prueba utilizada fue ANOVA con un nivel de significancia de 0.05. En los casos en que se encontraron diferencias significativas se realizó la Corrección de Bonferroni con la finalidad de realizar comparaciones múltiples por pares.

3.7. Consideraciones Éticas

La muestra es de tipo biomodelo animal bovino, habiendo sido el animal sacrificado por motivos alimenticios, siendo la muestra obtenida sin haber sometido a algún tipo de sacrificio adicional o desmotivado al animal.

En el estudio se consideraron los principios de la Declaración de Helsinki, aprobada el año de 1964 en la 18ª Asamblea Médica Mundial de Helsinki, y modificada por la 59ª Asamblea General de la Asociación Médica Mundial el año 2008.

IV. Resultados

El presente estudio in vitro obtuvo como resultados para el primer grupo que utilizó un protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal, una media de fuerza de adhesión de 21.2 ± 4.7 MPa. En el segundo grupo que utilizó un protocolo de autograbado con adhesivo universal obtuvo una media de fuerza de adhesión de 22.6 ± 5.1 MPa, mientras en el tercer grupo, que utilizó un protocolo con cemento autoadhesivo, se obtuvo una media de 12.3 ± 2.1 MPa (ver tabla 1 y figura 1).

A nivel cervical, el promedio de fuerza de adhesión fue de 17.5 ± 5.2 MPa. A nivel del tercio medio, el promedio de fuerza de adhesión fue de $17.7 \text{ MPa} \pm 5.4$, mientras que a nivel del tercio apical fue de 21.0 ± 7.3 MPa (ver tabla 1 y figura 1).

Se contrastó la distribución normal de los datos recolectados mediante la prueba de Shapiro Wilk, encontrándose que los datos estaban distribuidos normalmente, tanto para los grupos según el protocolo de cementación adhesiva ($p > 0.05$), como para los grupos según el tercio radicular ($p > 0.05$) (ver tabla 1).

Mediante la prueba ANOVA, se encontraron diferencias significativas ($p = 0.001$) entre los grupos según el protocolo de cementación adhesiva empleado, mientras que no fueron encontradas diferencias según tercio radicular ($p = 0.05$) (ver tabla N° 1).

Tabla 1

Fuerza de Adhesión Según Protocolo de Cementación Adhesiva y Según Tercios Radiculares

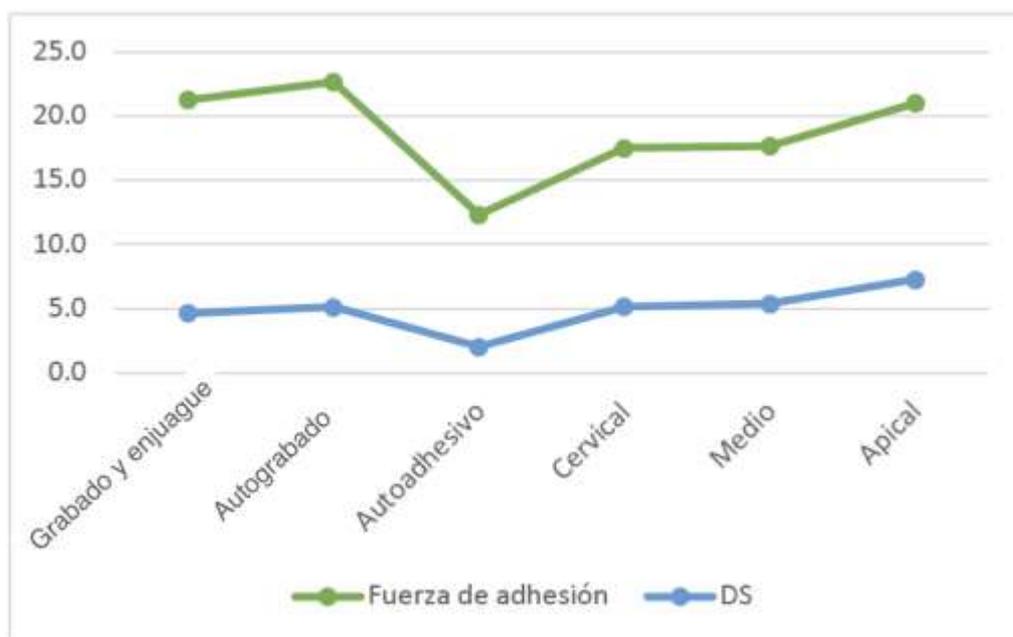
	Grupos	Fuerza de adhesión	DS	Mínimo	Máximo	p*	p**
	Grabado ácido	21.2	4.7	14.4	34.5		
Protocolo	Autograbante	22.6	5.1	15.5	34.5	>0.05	0.001
	Autoadhesivo	12.3	2.1	8.9	16.6		
Tercio radicular	Cervical	17.5	5.2	10.3	29.8		
	Medio	17.7	5.4	8.9	28.8	>0.05	0.05
	Apical	21.0	7.3	11.5	34.5		

* Shapiro Wilk, nivel de significancia ($p > 0.05$)

** ANOVA, nivel de significancia ($p < 0.05$)

Figura 1

Fuerza de Adhesión Según Protocolo de Cementación Adhesiva y según Tercios Radiculares



Al rechazarse la hipótesis nula, respecto a los grupos de protocolos de cementación adhesiva, se utilizó la prueba Bonferroni para comparar las medias de los grupos individualmente. No existieron diferencias significativas al comparar el primer grupo, que utilizó un protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal, y el segundo grupo que utilizó un protocolo de autograbado con adhesivo universal ($p = 0.596$). Por el contrario, existieron diferencias significativas al comparar el tercer grupo, que utilizó el protocolo con cemento autoadhesivo, con el primer grupo ($p < 0.001$) y con el segundo grupo ($p < 0.001$).

Tabla 2

Comparaciones Múltiples entre Grupos con Prueba Bonferroni

	Grabado y enjuague	Autograbado
Autograbado	0.596	
Autoadhesivo	0.001	0.001
	Cervical	Medio
Medio	1	

Apical	0.082	0.104
--------	-------	-------

*Nivel de significancia 0.05

Fueron analizados con ANOVA los resultados a nivel de cada tercio radicular, según el protocolo de cementación utilizado, encontrándose diferencias significativas ($p < 0.001$) entre los grupos de los tercios cervicales, entre los grupos de los tercios medios y entre los grupos de los tercios apicales (ver tabla 3). Al realizarse las pruebas de Bonferroni a los grupos de los tercios radiculares, la diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) se encontró entre el protocolo de cementación autoadhesivo y los otros dos grupos, entre los que no se encontraron diferencias (ver tabla 4).

Al ser analizados con ANOVA los valores de fuerza de adhesión en cada tercios radicular según el protocolo de cementación adhesiva empleado, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tercios en el grupo en que fue utilizado el protocolo de autograbado con adhesivo universal y tampoco en el grupo del cemento de protocolo autoadhesivo, mientras que sí fueron encontradas diferencias significativas en el grupo en que se utilizó el protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal (ver tabla 3). Al realizarse la prueba de Bonferroni, en el grupo de protocolo de grabado y enjuague, se encontró que la fuerza de adhesión es significativamente mayor en el tercio apical respecto a al tercio cervical ($p = 0.044$). (ver tabla 5)

Tabla 3

Fuerza de Adhesión de los Tercios Radiculares según cada Protocolo de Cementación Adhesiva

	Cervical		p*	Medio		p*	Apical		p*	**p
	Media	DE		Media	DE		Media	DE		
Grabado y enjuague	19.23	4.64		20.25	2.88		24.24	5.04		0.035
Autograbado	20.69	4.41	>0.05	21.46	3.43	>0.05	25.77	6.08	>0.05	0.052
Autoadhesivo	12.63	2.15		11.31	2.27		13.04	1.42		0.145
**p	<0.001			<0.001			<0.001			

*Shapiro Wilk (nivel de significancia ($p > 0.05$))

*ANOVA, nivel de significancia ($p < 0.05$)

Tabla 4

Comparaciones Múltiples con Prueba Bonferroni a nivel Cervical, Medio y Apical según Protocolo de Cementación

	Cervical		Medio		Apical	
	Autograbado	Autoadhesivo	Autograbado	Autoadhesivo	Autograbado	Autoadhesivo
Grabado y enjuague	1	0.002	1	<0.001	1	<0.001
Autograbado		<0.001		<0.001		<0.001

*Nivel de significancia 0.05

Tabla 5

Comparaciones Múltiples con Prueba Bonferroni en Grupo de Grabado y Enjuague con Adhesivo Universal según Tercios Radiculares

	Cervical	Medio
Medio	1	
Apical	0.044	0.142

*Nivel de significancia: 0.05

V. Discusión de Resultados

Para evaluar la fuerza de adhesión del poste en el conducto radicular pueden ser empleadas pruebas convencionales de tracción o cizallamiento, de microtensión, pull out o push out. En la prueba push out, empleada en el estudio, se aplica la carga a lo largo de la interfaz longitudinal de unión entre las superficies y el cemento, haciendo práctica y efectiva la medición, además de permitir obtener mayor cantidad de especímenes para la prueba.

En el estudio se evaluó la fuerza de adhesión utilizando diferentes protocolos de cementación adhesiva en dientes bovinos. Rodrigues Limeira et al. (2019) demostraron en su investigación que los valores de fuerza de adhesión utilizando distintos protocolos de cementación adhesiva, no son significativamente diferentes entre dientes humanos jóvenes y dientes bovinos jóvenes, por lo que es posible utilizar dientes bovinos para realizar el estudio.

Al ser analizados los datos de la fuerza de adhesión obtenidos en el estudio, no se encontraron diferencias entre los valores del grupo de protocolo de grabado y enjuague, y el de protocolo de autograbado; mientras que sí fueron encontrados valores significativamente menores en el grupo de protocolo autoadhesivo, respecto a los otros dos protocolos. Dicha diferencia fue observada en la comparación entre los protocolos a nivel de todos los tercios radiculares, como también también en las comparaciones a nivel de cada tercio radicular (cervical, medio y apical). Por ello, existe concordancia con los resultados del estudio de Amiri et al. (2017) que encontraron valores significativamente mayores al utilizar un protocolo de grabado y enjuague con un sistema adhesivo de cuarta generación en conjunto con un cemento de resina convencional (All bond 2 y Duo-Link) respecto a los obtenidos con un cemento de protocolo autoadhesivo (RelyX Unicem); lo que podría deberse, según los autores, a una menor difusión de los monómeros esteres fosfato de metacrilato de RelyX Unicem en la capa de barro dentinario, a pesar de su bajo pH, a diferencia del protocolo de grabado y enjuague, que al eliminar el barro dentinario puede lograr una mayor difusión. De manera similar, en el estudio de Ubaldini et al. (2018), obtuvieron valores de fuerza de adhesión significativamente mayores cuando se utilizó el protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal y un cemento de resina (Scotchbond Universal y RelyX Ultimate), en comparación al grupo en que se utilizó un cemento de protocolo autoadhesivo (RelyX U200); sin embargo, al analizar la zona de difusión de los cementos con Espectroscopía Micro Raman, encuentran que no influye significativamente en la retención de los postes de fibra, como sí lo hace la interacción química entre los componentes dentinarios minerales y los monómeros de metacrilato, siendo los monómeros del adhesivo single bond universal (10-MDP) los que mayor

interacción producen, adhesivo también utilizado en el presente estudio con los protocolos de grabado y enjuague, y autograbado.

Por el contrario, en el estudio de Rodrigues Limeira et al. (2019) no se encontraron diferencias significativas entre los valores de fuerza de adhesión cuando utilizaron el protocolo de autograbado con adhesivo universal y cemento de resina (Single Bond Universal y RelyX Ultimate) con los conseguidos por el cemento de resina de protocolo autoadhesivo (RelyX U200). En el mismo sentido, Liu et al. (2014) tampoco encontraron diferencias significativas entre el cemento de protocolo autoadhesivo (RelyX Unicem) y uno de grabado y enjuague (Panavia F2.0); de manera similar, en el estudio de Pereira et al. (2014), en el que se utilizó la prueba mecánica de pull out, no se encontraron diferencias significativas entre distintos protocolos que utilizan cementos de resina con protocolo de grabado y enjuague (RelyX ARC, Panavia F y Allcem) o de protocolo autoadhesivo (RelyX Unicem y BisCem), a diferencia de cuando fue utilizado cemento de ionómero de vidrio modificado con resina (RelyX Luting 2) que registró valores significativamente más bajos. En el mismo sentido, en el estudio de Graiff et al. (2014), utilizando la prueba pull out, se registraron valores significativamente mayores con el cemento de protocolo autoadhesivo (RelyX Unicem) que en los grupos en los que se utilizó un sistema de protocolo de grabado y enjuague (Scotchbond Multi-Purpose Plus y RelyX ARC), aunque en este estudio realizó la cementación en simuladores de plexiglass para evaluar la fuerza de adhesión a los postes sin tener en cuenta a la dentina radicular. Cabe mencionar la investigación realizada por Lorenzetti et al. (2019), quienes encontraron valores semejantes al utilizar cemento de resina de protocolo autoadhesivo (RelyX U200) y un ionómero de vidrio de cementación

(GC Gold Label 1), teniendo en cuenta las limitaciones de las propiedades mecánicas de los ionómeros frente a las resinas de cementación.

Por otro lado, en el estudio de Farid et al. (2018) no existieron diferencias significativas entre el grupo de protocolo de autograbado con adhesivo universal y cemento de resina (Panavia F 2.0) y un cemento de protocolo autoadhesivo (Panavia SA cement Plus), sin embargo cuando hubo sobrepreparación de los conductos, aumentando el espesor de película de los cementos, los valores de fuerza de adhesión del grupo de protocolo de autograbado fueron significativamente mayores, en comparación con el grupo que utilizó el cemento de protocolo autoadhesivo. En el estudio de Rodrigues et al. (2017), ante la sobrepreparación de los conductos, se realizó una anatomización de los postes con resina compuesta, para posteriormente comparar la fuerza de adhesión con tres protocolos de cementación, sin encontrar diferencias significativas utilizando un cemento de protocolo de grabado y enjuague (Adper Scotchbond Multi Purpose y RelyX ARC), un protocolo de autograbado con adhesivo universal (Scotchbond Universal Y RelyX Ultimate) y un cemento de protocolo autoadhesivo (RelyX Unicem 2). Los resultados de ambos estudios muestran que al verse comprometida la retención macromecánica por sobrepreparación del conducto radicular, incrementando el grosor de película del cemento, la fuerza de adhesión de los cementos de protocolo autoadhesivo es menor que cuando se utilizan cementos con protocolos de cementación de grabado y enjuague, y de autograbado.

Al comparar la fuerza de adhesión entre los tercios radiculares de cada grupo, no se encontraron diferencias significativas en el grupo en que se utilizó adhesivo universal con protocolo de autograbado ni en el que fue utilizado cemento de protocolo

autoadhesivo, mientras que en el grupo en el que se utilizó el protocolo de grabado y enjuague con adhesivo universal, los valores del tercio apical fueron significativamente mayores que en cervical; lo que contrasta con los estudios de Rodrigues Limeira et al. (2019) en el que los valores disminuían de manera significativa en apical; con el de Rodrigues et al. (2017), en que los valores a nivel apical fueron significativamente menores que en cervical; y con el de Amiri et al. (2017), en el cual con el mismo protocolo, los valores son significativamente menores en apical. Es importante mencionar, que a pesar de existir una diferencia significativa en la fuerza de adhesión entre el tercio cervical y apical de dicho grupo, los valores promedio de ambos tercios no muestran una diferencia que pueda repercutir de manera importante en el rendimiento clínico de los postes (19.32 MPa y 24.24 MPa, respectivamente).

VI. Conclusiones

- No existieron diferencias significativas ($p = 0.596$) en los valores de fuerza de adhesión entre el grupo que utilizó el protocolo de grabado y enjuague, y el grupo que utilizó el protocolo de autograbado.
- La comparación de los valores de fuerza de adhesión a nivel de cada tercio radicular no encontró diferencias significativas ($p = 1.00$) entre el protocolo de grabado y enjuague, y el protocolo de autograbado en los tercios cervical, medio y apical.
- Se encontraron valores de fuerza de adhesión significativamente menores ($p < 0.001$) en el grupo que utilizó el cemento de protocolo autoadhesivo respecto a los grupos de grabado y enjuague, y de autograbado.

- La comparación a nivel de cada tercio radicular encontró valores de fuerza de adhesión significativamente menores ($p < 0.001$) con el cemento de protocolo autoadhesivo en los tercios cervical, medio y apical.
- No se encontraron diferencias significativas en la fuerza de adhesión entre los tercios radiculares en los grupos que utilizaron el protocolo de autograbado ($p = 0.052$) y el cemento de protocolo autoadhesivo ($p = 0.145$).
- En el grupo que utilizó el protocolo de grabado y enjuague se encontraron valores de fuerza de adhesión significativamente mayores ($p = 0.044$) a nivel del tercio radicular apical respecto al tercio cervical, pero sin diferencias con el tercio medio ($p = 0.142$), ni diferencias entre el tercio cervical y medio ($p = 1.00$).

VII. Recomendaciones

- Realizar investigaciones con muestras mayores y mayor variedad de materiales de cementación adhesiva, con la finalidad de comparar los productos disponibles en el mercado que pueden ser utilizados en los distintos protocolos.
- Realizar estudios que complementen los ensayos mecánicos de push out, como el análisis del modo de falla a través de un microscopio electrónico de barrido, para analizar los patrones de fractura a nivel de las interfaces.
- Realizar estudios que complementen los ensayos mecánicos push out, como el análisis del grado de difusión del material de cementación, con la finalidad de determinar el grado de interacción de los distintos materiales de cementación y los protocolos de uso con el sustrato dentinario radicular.

VIII. Referencias

Amaral, M., Rippe, M. P., Konzen, M., Valandro, L. F. (2011). Adhesion between fiber post and root dentin: evaluation of post surface conditioning for bond strength

improvement. *Minerva Stomatologica*, 60(6),279-287.

<https://www.minervamedica.it/en/journals/minerva-stomatologica/article.php?cod=R18Y2011N06A0279>

Amiri E. M., Balouch F. & Atri F. (2017). Effect of Self-Adhesive and Separate etch adhesive dual cure resin cements on the bond strength of fiber post to dentin at different parts of the root. *Journal of Dentistry (Tehran)*, 14(3), 153-158.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5694848/>

Archana, C. H., Krishna Raju, S. M., Yadhav, S. S, Konagala, R. K, Manthena, S. R., Teja, P.

R. Effect of Surface Pretreatment and Thermal Activation of Silane Coupling Agent on Bond Strength of Fiber Posts to Resin Cement. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(11), 1293-1296. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2687>

Awad, M. M., Alrahlah, A., Matinlinna, J. P., & Hamama, H. H. (2019). Effect of adhesive air-drying time on bond strength to dentin: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 90(1), 154-162.

<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2019.02.006>

Baier, R. E. (1992). Principles of adhesion. *Operative Dentistry*, 17(suppl. 5), 1-9.

<https://www.jopdentonline.org/doi/pdf/10.2341/1559-2863-17-s5-1>

Barbosa Kasuya, A. V., Favarão, I. N., Machado, A. C., Rezende Spini, P. H., Soares, P. V., & Fonseca, R. B. (2019). Development of a fiber-reinforced material for fiber posts: Evaluation of stress distribution, fracture load, and failure mode of restored roots. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(6), 829-838.

<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.04.026>

Boksman, L., Pameijer, C. H. & Broome, J. C. (2013). The Clinical Significance of Mechanical Properties in Retentive Posts. *Compendium*, 34(6), 446-455.

<https://www.aegisdentalnetwork.com/cced/2013/06/>

Breschi, L., Maravic, T., Cunha, S. R., Comba, A., Cadenaro, M., Tjäderhane, L., Pashley, D. H., Tay, F. R., & Mazzoni, A. (2018). Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 34(1), 78-96.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.11.005>

Breschi, L., Mazzone, A., Dorigo, E. D y Ferrari, M. (2009). Adhesion to Intraradicular Dentin: A Review. *Journal of Adhesion Science and Technology* 23(7-8), 1053-1083.
<https://doi.org/10.1163/156856109X440957>

Buonocore, M. G. (1955). A Simple Method of Increasing the Adhesion of Acrylic Filling Materials to Enamel Surfaces. *Journal of Dental Research*, 34(6), 849-853.
<https://doi.org/10.1177/00220345550340060801>

Carvalho, R. M., Chersoni, S., Frankenberger, R., Pashley, D. H., Prati, C., & Tay, F. R. (2005). A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials*, 26(9), 1035-1042.
<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2004.04.003>

Cadore-Rodrigues, A. C., Guilardi, L. F., Wandscher, V. F., Pereira, G. K. R., Valandro, L. F., & Rippe, M. P. (2019). Surface treatments of a glass-fiber reinforced composite: Effect on the adhesion to a composite resin. *Journal of Prosthodontic Research*, 64(3), 301-306. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.09.001>

- Cloet, E., Debels, E., & Naert, I. (2017). Controlled Clinical Trial on the Outcome of Glass Fiber Composite Cores Versus Wrought Posts and Cast Cores for the Restoration of Endodontically Treated Teeth: A 5-Year Follow-up Study. *The International Journal of Prosthodontics*, 30(1),71-79. <https://doi.org/10.11607/ijp.4861>
- Daneshkazemi, A., Davari, A., Askari, N., & Kaveh, M. (2016). Effect of different fiber post surface treatments on microtensile bond strength to composite resin. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(6), 896-901. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.03.029>
- Davis, P., Melo, L. S. D., Foxton, R. M., Sherriff, M., Pilecki, P., Mannocci, F., & Watson, T. F. (2010). Flexural strength of glass fibre-reinforced posts bonded to dual-cure composite resin cements. *European Journal of Oral Sciences*, 118(2), 197-201. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2010.00721.x>
- De Munck, J., Mine, A., Poitevin, A., Van Ende, A., Cardoso, M. V., Van Landuyt, K. L., Peumans, M., & Van Meerbeek, B. (2012). Meta-analytical review of parameters involved in dentin bonding. *Journal of Dental Research*, 91(4), 351-357. <https://doi.org/10.1177/0022034511431251>
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of dental research*, 84(2), 118-132. <https://doi.org/10.1177/154405910508400204>

Suyama, Y., Lührs, A. K., De Munck, J., Mine, A., Poitevin, A., Yamada, T., Van Meerbeek, B., & Cardoso, M. V. (2013). Potential smear layer interference with bonding of self-etching adhesives to dentin. *The journal of adhesive dentistry*, *15*(4), 317-324.
<https://doi.org/10.3290/j.jad.a29554>

De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. (2005). A Critical Review of the Durability of Adhesion to Tooth Tissue: Methods and Results. *Journal of Dental Research*, *84*(2), 118-132.
<https://doi.org/10.1177/154405910508400204>

Elnaghy, A. M., & Elsaka, S. E. (2014). Effect of surface treatments on the flexural properties and adhesion of glass fiber-reinforced composite post to self-adhesive luting agent and radicular dentin. *Odontology*, *104*(1), 60-67.
<https://doi.org/10.1007/s10266-014-0184-z>

Farid, F., Rostami, K., Habibzadeh, S. & Kharazifard, M. Effect of cement type and thickness on push-out bond strength of fiber posts. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, *12*(4), 277-282.
<https://doi.org/10.15171/joddd.2018.043>

Ferracane, J. L., Stansbury, J. W., & Burke, F. J. T. (2011). Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *Journal of Oral Rehabilitation*, *38*(4), 295-314. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2010.02148.x>

- Figueiredo, F. E. D., Martins-Filho, P. R. S., & Faria-e-Silva, A. L. (2015). Do Metal Post-retained Restorations Result in More Root Fractures than Fiber Post-retained Restorations? A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 41(3), 309-316. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.10.006>
- Frassetto, A., Breschi, L., Turco, G., Marchesi, G., Di Lenarda, R., Tay, F. R., Pashley, D. H., & Cadenaro, M. (2016). Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability--A literature review. *Dental Materials*, 32(2), e41–e53. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.11.007>
- Frassetto, A., Navarra, C. O., Marchesi, G., Turco, G., Di Lenarda, R., Breschi, L., Ferracane, J. L., & Cadenaro, M. (2012). Kinetics of polymerization and contraction stress development in self-adhesive resin cements. *Dental Materials*, 28(9), 1032–1039. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.06.003>
- Fukegawa, D., Hayakawa, S., Yoshida, Y., Suzuki, K., Osaka, A., & Van Meerbeek, B. (2006). Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *Journal of Dental Research*, 85(10), 941-944. <https://doi.org/10.1177/154405910608501014>
- Furuichi, T., Takamizawa, T., Tsujimoto, A., Miyazaki, M., Barkmeier, W. W., & Latta, M. A. (2016). Mechanical properties and sliding-impact wear resistance of self-adhesive resin cements. *Operative Dentistry*, 41(3), E83-E92. <https://doi.org/10.2341/15-033-L>

- Goracci, C., Grandini, S., Bossù, M., Bertelli, E., & Ferrari, M. (2007). Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: A review. *Journal of Dentistry*, 35(11), 827-835. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2007.07.009>
- Goracci, C., Tavares, A. U., Fabianelli, A., Monticelli, F., Raffaelli, O., Cardoso, P. C., Tay, F., & Ferrari, M. (2004). The adhesion between fiber posts and root canal walls: Comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European Journal of Oral Sciences*, 112(4), 353-361. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00146.x>
- Graiff, L., Rasera, L., Calabrese, M., & Vigolo, P. (2014). Bonding Effectiveness of Two Adhesive Luting Cements to Glass Fiber Posts: Pull-Out Evaluation of Three Different Post Surface Conditioning Methods. *International Journal of Dentistry*, 2014, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/148571>
- Helal, M. A., & Wang, Z. (2017). Biomechanical Assessment of Restored Mandibular Molar by Endocrown in Comparison to a Glass Fiber Post-Retained Conventional Crown: 3D Finite Element Analysis. *Journal of Prosthodontics*, 28(9), 988-996. <https://doi.org/10.1111/jopr.12690>
- Jang, J.-H., Lee, M. G., Woo, S. U., Lee, C. O., Yi, J.-K., & Kim, D.-S. (2016). Comparative study of the dentin bond strength of a new universal adhesive. *Dental materials journal*, 35(4), 606-612. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-422>

- Juloski, J., Fadda, G. M., Monticelli, F., Fajó-Pascual, M., Goracci, C., & Ferrari, M. (2014). Four-year Survival of Endodontically Treated Premolars Restored with Fiber Posts. *Journal of Dental Research*, *93*(7 Suppl), 52S-58S. <https://doi.org/10.1177/0022034514527970>
- Kırmali, Ö., Üstün, Ö., Kapdan, A., & Kuştarci, A. (2017). Evaluation of Various Pretreatments to Fiber Post on the Push-out Bond Strength of Root Canal Dentin. *Journal of Endodontics*, *43*(7), 1180-1185. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.006>
- Lamichhane A, Xu C, Zhang FQ. (2014). Dental fiber-post resin base material: a review. *Journal of Advanced Prosthodontics*, *6*(1), 60-65. <https://doi.org/10.4047/jap.2014.6.1.60>
- Liu, C., Liu, H., Qian, Y.-T., Zhu, S., & Zhao, S.-Q. (2013). The influence of four dual-cure resin cements and surface treatment selection to bond strength of fiber post. *International Journal of Oral Science*, *6*(1), 56-60. <https://doi.org/10.1038/ijos.2013.83>
- Lorenzetti, C. C., Bortolatto, J. F., Ramos, A. T. P. R., Shinohara, A. L., Saad, J. R. C., & Kuga, M. C. (2019). The effectiveness of glass ionomer cement as a fiber post cementation system in endodontically treated teeth. *Microscopy Research and Technique*, *82*(7):1191-1197. <https://doi.org/10.1002/jemt.23268>

- Lung, C. Y., Matinlinna, J. P. (2012). Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview. *Dental Materials*, 28(5), 467-477.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.02.009>
- Manso, A. P., & Carvalho, R. M. (2017). Dental Cements for Luting and Bonding Restorations: Self-Adhesive Resin Cements. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 821-834. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.006>
- Maroulakos, G., He, J., & Nagy, W. W. (2018). The Post–endodontic Adhesive Interface: Theoretical Perspectives and Potential Flaws. *Journal of Endodontics*, 44(3), 363-371. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.11.007>
- Matinlinna, J. P., Lassila, L. V., Ozcan, M., Yli-Urpo, A., Vallittu, P. K. (2004). An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *International Journal of Prosthodontics*, 17(2), 155-164.
http://www.quintpub.com/journals/ijp/full_txt_pdf_alert.php?article_id=1313
- Mine, A., De Munck, J., Cardoso, M. V., Van Landuyt, K. L., Poitevin, A., Van Ende, A., Matsumoto, M., Yoshida, Y., Kuboki, T., Yatani, H., & Van Meerbeek, B. (2014). Dentin-smear remains at self-etch adhesive interface. *Dental Materials*, 30(10), 1147-1153. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.07.006>
- Moraes, A. P., Sarkis-Onofre, R., Moraes, R. R., Cenci, M. S., Soares, C. J., Pereira-Cenci, T. (2015) Can silanization increase the retention of glass-fiber posts? A systematic

review and meta-analysis of in vitro studies. *Operative Dentistry*, 40(6), 567-580.

<https://doi.org/10.2341/14-330-O>

Nakabayashi, N., Kojima, K. & Masuhara, E. (1982) The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of Biomedical Materials Research*, 16(3), 265-273. <https://doi.org/10.1002/jbm.820160307>

Naumann, M., Schmitter, M., Frankenberger, R. & Krastl, G. (2018). "Ferrule Comes First. Post Is Second!" Fake News and Alternative Facts? A Systematic Review. *Journal of Endodontics*, 44(2), 212-219. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.09.020>

Naumann, M., Sterzenbach, G., Dietrich, T., Bitter, K., Frankenberger, R., & von Stein-Lausnitz, M. (2017). Dentin-like versus Rigid Endodontic Post: 11-year Randomized Controlled Pilot Trial on No-wall to 2-wall Defects. *Journal of Endodontics*, 43(11), 1770-1775. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.030>

Perdigão, J., Gomes, G., & Lee, I. (2006). The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dental Materials*, 22(8), 752-758. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.11.002>

Pereira, J. R., Abreu da Rosa, R., Lins do Valle, A., Ghizoni, J. S., Reis Só, M. V., & Shiratori, F. K. (2014). The influence of different cements on the pull-out bond strength of fiber posts. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(1), 59-63. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.10.009>

- Peumans, M., Wouters, L., De Munck, J., Van Meerbeek, B., & Van Landuyt, K. (2018). Nine-year Clinical Performance of a HEMA-free One-step Self-etch Adhesive in Noncarious Cervical Lesions. *The journal of adhesive dentistry*, 20(3), 195-203. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a40630>
- Phark, J., Sartori, N., Oliveira, N., Duarte, S. (2012). Biomaterials update: A comprehensive guide for post and core restorations. *Quintessence of Dental Technology*, 35, 44-64. http://www.quintpub.com/display_detail.php3?psku=J0623#.XYD4HZNKiRs
- Pinto, C.L., Bhering, C.L.B., de Oliveira, G.R., Maroli, A., Reginato, V.F., Caldas, R.A., Bacchi, A. (2019). The Influence of Post System Design and Material on the Biomechanical Behavior of Teeth with Little Remaining Coronal Structure. *Journal of Prosthodontics*, 28(1), e350-356. <https://doi.org/10.1111/jopr.12804>.
- Prado, M., Marques, J. N., Pereira, G. D., da Silva, E. M., & Simão, R. A. (2017). Evaluation of different surface treatments on fiber post cemented with a self-adhesive system. *Materials Science and Engineering*, 77(1), 257-262. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.141>
- Radovic, I., Monticelli, F., Goracci, C., Cury, À. H., Coniglio, I., Vulicevic, Z. R., Garcia-Godoy, F., & Ferrari, M. (2007). The effect of sandblasting on adhesion of a dual-cured resin composite to methacrylic fiber posts: Microtensile bond strength and SEM

evaluation. *Journal of Dentistry*, 35(6), 496-502.

<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2007.01.009>

Rasimick, B. J., Wan, J., Musikant, B. L., & Deutsch, A. S. (2010). A Review of Failure Modes in Teeth Restored with Adhesively Luted Endodontic Dowels. *Journal of Prosthodontics*, 19(8), 639-646. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849x.2010.00647.x>

Robles, G., Huertas-Mogollón, G., Mendoza-Martiarena, Y., Ayala, G., Watanabe, R., Alvítez-Temoche, D., Mayta-Tovalino, F. (2020) Comparison of the Resistance of Bond Strength of Cemented Fiberglass Posts in Different Root Thirds with and without Silanization: An *Ex Vivo* Study. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 21(3):261-266. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2774>

Rodrigues Limeira F., Carvalho M., Nascimento V., Santa Rosa C., Yamauti M., Moreira A. & Magalhaes C. (2019). Bond Strength of resin cements fixing fiber posts to human and bovine teeth of different ages. *Journal of Adhesive Dentistry*, 21(5), 423-431. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a43180>.

Rodrigues, R. V., Sampaio, C. S., Pacheco, R. R., Pascon, F. M., Puppini-Rontani, R. M., & Giannini, M. (2017). Influence of adhesive cementation systems on the bond strength of relined fiber posts to root dentin. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(4), 493-499. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.01.006>

Santos, A. F. V., Meira, J. B. C., Tanaka, C. B., Xavier, T. A., Ballester, R. Y., Lima, R. G., Pfeifer, C. S., Versluis, A. (2010). Can Fiber Posts Increase Root Stresses and Reduce

Fracture? *Journal of Dental Research*, 89(6), 587-591.

<https://doi.org/10.1177/0022034510363382>

Sarkis-Onofre, R., Skupien, J., Cenci, M., Moraes, R., & Pereira-Cenci, T. (2014). The Role of Resin Cement on Bond Strength of Glass-fiber Posts Luted Into Root Canals: A Systematic Review and Meta-analysis of In Vitro Studies. *Operative Dentistry*, 39(1), E31-E44. <https://doi.org/10.2341/13-070-lit>

Sarkis-Onofre, R., Fergusson, D., Cenci, M. S., Moher, D., & Pereira-Cenci, T. (2017). Performance of Post-retained Single Crowns: A Systematic Review of Related Risk Factors. *Journal of Endodontics*, 43(2), 175-183. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.10.025>

Schmitter, M., Rammelsberg, P., Lenz, J., Scheuber, S., Schweizerhof, K., & Rues, S. (2010). Teeth restored using fiber-reinforced posts: In vitro fracture tests and finite element analysis. *Acta Biomaterialia*, 6(9), 3747-3754. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2010.03.012>

Sirisha, K., Rambabu, T., Shankar, Y. R., & Ravikumar, P. (2014). Validity of bond strength tests: A critical review: Part I. *Journal of conservative dentistry*, 17(4), 305-311. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.136340>

Sterzenbach, G., Franke, A., & Naumann, M. (2012). Rigid versus Flexible Dentine-like Endodontic Posts—Clinical Testing of a Biomechanical Concept: Seven-year Results

of a Randomized Controlled Clinical Pilot Trial on Endodontically Treated Abutment Teeth with Severe Hard Tissue Loss. *Journal of Endodontics*, 38(12), 1557-1563.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.08.015>

Suda, S., Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Nojiri, K., Nagura, Y., Takamizawa, T., Latta, M. A., & Miyazaki, M. (2018). Comparison of enamel bond fatigue durability between universal adhesives and two-step self-etch adhesives: Effect of phosphoric acid pre-etching. *Dental Materials Journal*, 37(2), 244-255.

<https://doi.org/10.4012/dmj.2017-059>

Tao, L., & Pashley, D. H. (1989). The relationship between dentin bond strengths and dentin permeability. *Dental Materials*, 5(2), 133-139. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(89\)90144-9](https://doi.org/10.1016/0109-5641(89)90144-9)

Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2007). Monoblocks in Root Canals: A Hypothetical or a Tangible Goal. *Journal of Endodontics*, 33(4), 391-398.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.009>

Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2003). Have Dentin Adhesives Become Too Hydrophilic? *Journal of Canadian Dental Association*, 69(11): 726-31.

<http://www.cda-adc.ca/jcda/vol-69/issue-11/726.pdf>

Tay, F. R., Pashley, D. H., Suh, B. I., Carvalho, R. M., & Itthagarun, A. (2002). Single-step adhesives are permeable membranes. *Journal of dentistry*, 30(7-8), 371-382.

[https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(02\)00064-7](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(02)00064-7)

- Terry, D. A. & Swift, E. J. (2009). Post-and-cores: Past to present. *Dentistry today*, 29(1), 132-135. http://www.moderndentistrymedia.com/mar_april2010/terry.pdf
- Torbjörner, A., Fransson, B. (2004). Biomechanical aspects of prosthetic treatment of structurally compromised teeth. *International Journal of Prosthodontics*, 17(2), 135-141. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.06.017>
- Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Takamizawa, T., Watanabe, H., Johnson, W. W., Latta, M. A., & Miyazaki, M. (2017). Comparison between universal adhesives and two-step self-etch adhesives in terms of dentin bond fatigue durability in self-etch mode. *European Journal of Oral Sciences*, 125(3), 215–222. <https://doi.org/10.1111/eos.12346>
- Ubal dini, A. L. M., Benetti, A. R., Sato, F., Pascotto, R. C., Medina Neto, A., Baesso, M. L., & Peutzfeldt, A. (2018). Challenges in luting fibre posts: Adhesion to the post and to the dentine. *Dental Materials*, 34(7), 1054-1062. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.04.001>
- Vallittu, P. K. (2014). High-aspect ratio fillers: Fiber-reinforced composites and their anisotropic properties. *Dental Materials*, 31(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.07.009>
- Van Dijken, J. W. V., & Pallesen, U. (2017). Three-year randomized clinical study of a one-step universal adhesive and a two-step self-etch adhesive in class II composite

restorations. *The journal of adhesive dentistry*, 19(4), 287-294.

<https://doi.org/10.3290/j.jad.a38867>

Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., & Van Landuyt, K.

L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(1), 17-28.

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.023>

Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Van Landuyt, K., Yoshida, Y. & Peumans, M. (2020).

From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(1),7-34. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a43994>.

Weiser, F., & Behr, M. (2015). Self-Adhesive Resin Cements: A Clinical Review. *Journal of*

Prosthodontics, 24(2), 100-108. <https://doi.org/10.1111/jopr.12192>

Xiong, J., Shen, L., Jiang, Q., & Luo, B. (2019). Bonding Quality of Etch-and-Rinse

Adhesives in Root Canals upon Different Pretreatments. *Journal of Adhesive*

Dentistry, 21(1), 27-36. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a41923>.

Yamauchi, K., Tsujimoto, A., Jurado, C. A., Shimatani, Y., Nagura, Y., Takamizawa, T.,

Barkmeier, W. W., Latta, M. A., & Miyazaki, M. (2019). Etch-and-rinse vs self-etch mode for dentin bonding effectiveness of universal adhesives. *Journal of Oral*

Science, 61(4), 549-553. <https://doi.org/10.2334/josnusd.18-0433>

Zecin-Deren, A., Sokolowski, J., Szczesio-Wlodarczyk, A., Piwonski, I., Lukomska-Szymanska, M., & Lapinska, B. (2019). Multi-layer application of self-etch and universal adhesives and the effect on dentin bond strength. *Molecules*, 24(2),345. <https://doi.org/10.3390/molecules24020345>

IX. Anexos

Anexo 1. Preparación de Especímenes

Figura 2

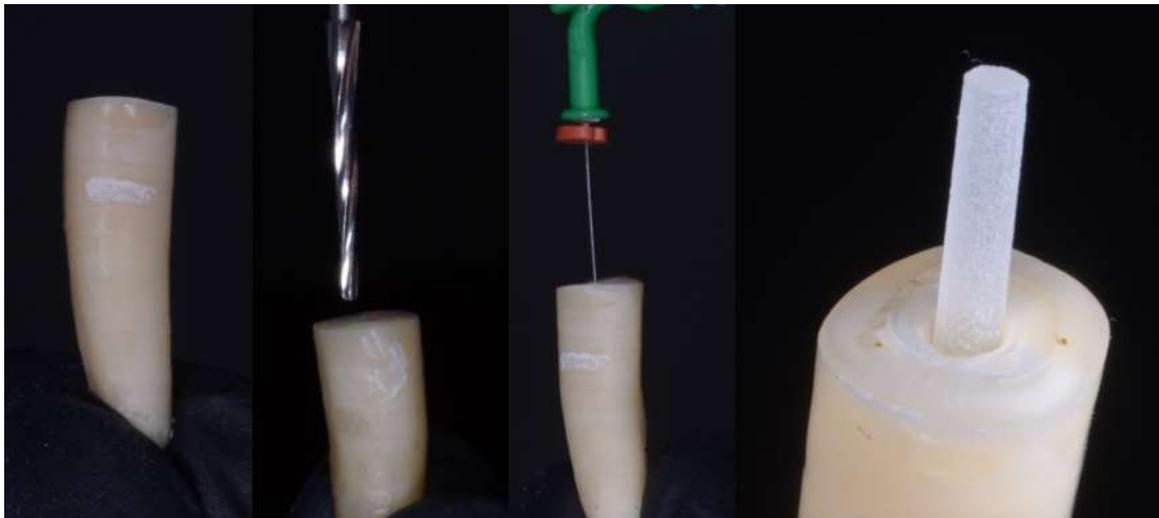
Tratamiento de Endodoncia a los Dientes Bovinos



Secuencia de preparación biomecánica, irrigación, secado y obturación

Figura 3

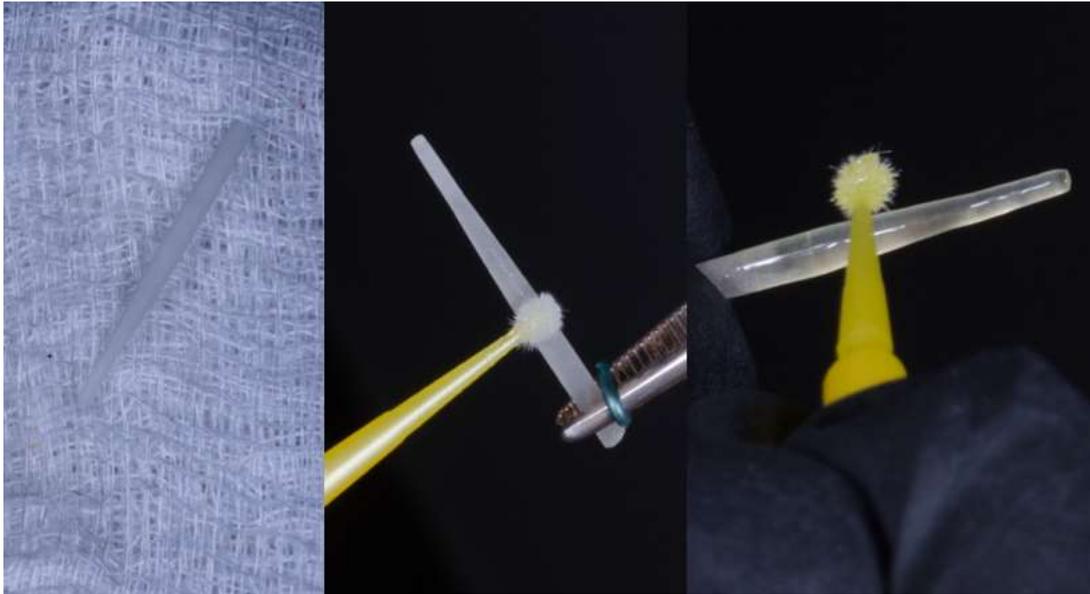
Preparación de los Conductos Radiculares



Secuencia de preparación del espacio para el poste con instrumental rotatorio provisto por el fabricante del poste, con abundante irrigación

Figura 4

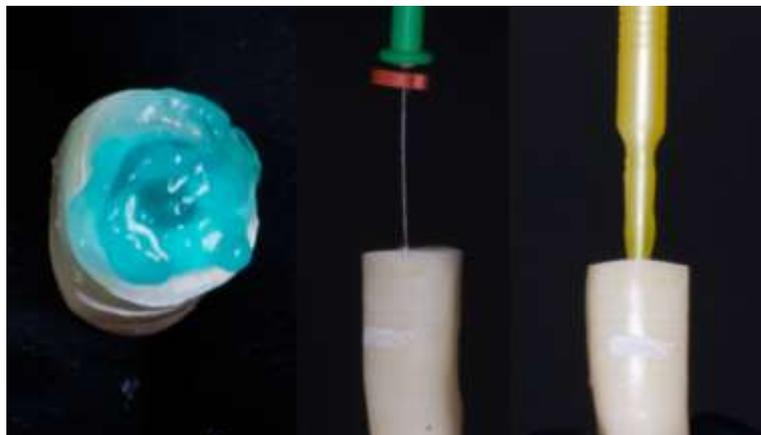
Tratamiento de Superficie de los Postes de Fibra de Vidrio



Secuencia de tratamiento de superficie del poste. Todos los poste fueron limpiados con alcohol y silanizados. Sólo a los grupos 1 y 2 se les aplicó adhesivo.

Figura 5

Tratamiento de los Conductos Radiculares



Al primer grupo se le realizó grabado con ácido fosfórico al 37%, lavado, secado y aplicación de adhesivo. Al segundo grupo sólo lavado, secado y adhesivo. Al tercer grupo sólo lavado y secado.

Figura 6

Cementación de Postes de Fibra de Vidrio



Cementación de postes de acuerdo al cemento asignado a cada grupo.

Figura 7

Prueba Push Out de los postes en especímenes de 2mm



Anexo 2. Informe Técnico del Ensayo Mecánico Push Out



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica

Laboratorio de Mecánica N° 4

INFORME TECNICO

Lb4 - 0588 - 2020

ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE A MUESTRAS DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO CEMENTADOS EN DIENTES DE BOVINO

* SOLICITANTE : **ALVITEZ TEMOCHE DANIEL AUGUSTO**
 * REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 106763
 * FECHA : Lima, 27 de Octubre de 2020

1.	ANTECEDENTES	Se recibió noventa (90) muestras postes de fibra de vidrio cementados en dientes de bovino, con la finalidad de realizarle el siguiente ensayo: * Ensayos de resistencia al corte																																																																		
2.	DE LA MUESTRA	Se identificó según el cliente, como: Noventa (90) muestras postes de fibra de vidrio cementados en dientes de bovino: * Grupo A : Grabado Total Cervical * Grupo B : Grabado Total Medio * Grupo C : Grabado Total Apical * Grupo D : Autograbante Cervical * Grupo E : Autograbante Medio * Grupo F : Autograbante Apical * Grupo G : Autoadhesivo Cervical * Grupo H : Autoadhesivo Medio * Grupo I : Autoadhesivo Apical TESIS : "FUERZA DE ADHESIÓN DE POSTES DE FIBRA DE VIDRIO UTILIZANDO DIFERENTES PROTOCOLOS DE CEMENTACIÓN ADHESIVA - IN VITRO"																																																																		
3.	EQUIPOS UTILIZADOS	* Máquina Universal de Ensayos marca AMSLER, capacidad 5 Ton. * Vernier digital, marca MITUTOYO.																																																																		
4.	CONDICIONES DE ENSAYO	* T. : 20.7 °C * H.R. : 73 %																																																																		
5.	RESULTADOS	<p>5.1 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo A</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>Diámetro (mm)</th> <th>Longitud (mm)</th> <th>Área (mm²)</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Esfuerzo de corte kg/mm² (Mpa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>22</td><td>2.3 (22.6)</td></tr> <tr><td>2</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>15.3</td><td>1.6 (15.7)</td></tr> <tr><td>3</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>16</td><td>1.7 (16.4)</td></tr> <tr><td>4</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>17</td><td>1.8 (17.5)</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>14</td><td>1.5 (14.4)</td></tr> <tr><td>6</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>26</td><td>2.7 (26.7)</td></tr> <tr><td>7</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>20</td><td>2.1 (20.5)</td></tr> <tr><td>8</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>15</td><td>1.6 (15.4)</td></tr> <tr><td>9</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>16</td><td>1.7 (16.4)</td></tr> <tr><td>10</td><td>1.52</td><td>2</td><td>9.55</td><td>26</td><td>2.7 (26.7)</td></tr> </tbody> </table>	Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)	1	1.52	2	9.55	22	2.3 (22.6)	2	1.52	2	9.55	15.3	1.6 (15.7)	3	1.52	2	9.55	16	1.7 (16.4)	4	1.52	2	9.55	17	1.8 (17.5)	5	1.52	2	9.55	14	1.5 (14.4)	6	1.52	2	9.55	26	2.7 (26.7)	7	1.52	2	9.55	20	2.1 (20.5)	8	1.52	2	9.55	15	1.6 (15.4)	9	1.52	2	9.55	16	1.7 (16.4)	10	1.52	2	9.55	26	2.7 (26.7)
Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)																																																															
1	1.52	2	9.55	22	2.3 (22.6)																																																															
2	1.52	2	9.55	15.3	1.6 (15.7)																																																															
3	1.52	2	9.55	16	1.7 (16.4)																																																															
4	1.52	2	9.55	17	1.8 (17.5)																																																															
5	1.52	2	9.55	14	1.5 (14.4)																																																															
6	1.52	2	9.55	26	2.7 (26.7)																																																															
7	1.52	2	9.55	20	2.1 (20.5)																																																															
8	1.52	2	9.55	15	1.6 (15.4)																																																															
9	1.52	2	9.55	16	1.7 (16.4)																																																															
10	1.52	2	9.55	26	2.7 (26.7)																																																															



5.2 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo B

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)
1	1.41	2	8.86	15	1.7 (16.6)
2	1.41	2	8.86	17	1.9 (18.8)
3	1.41	2	8.86	22	2.5 (24.4)
4	1.41	2	8.86	22	2.5 (24.4)
5	1.41	2	8.86	15	1.7 (16.6)
6	1.41	2	8.86	20	2.3 (22.1)
7	1.41	2	8.86	19	2.1 (21.0)
8	1.41	2	8.86	18	2.0 (19.9)
9	1.41	2	8.86	19	2.1 (21.0)
10	1.41	2	8.86	16	1.8 (17.7)

5.3 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo C

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)
1	0.95	2	5.97	14.5	2.4 (23.8)
2	0.95	2	5.97	11	1.8 (18.1)
3	0.95	2	5.97	14	2.3 (23.0)
4	0.95	2	5.97	11	1.8 (18.1)
5	0.95	2	5.97	17	2.8 (27.9)
6	0.95	2	5.97	17.5	2.9 (28.8)
7	0.95	2	5.97	13.5	2.3 (22.2)
8	0.95	2	5.97	21	3.5 (34.5)
9	0.95	2	5.97	13	2.2 (21.4)
10	0.95	2	5.97	15	2.5 (24.6)




5.4 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo D

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)
1	1.52	2	9.55	21	2.2 (21.6)
2	1.52	2	9.55	29	3.0 (29.8)
3	1.52	2	9.55	16	1.7 (16.4)
4	1.52	2	9.55	16	1.7 (16.4)
5	1.52	2	9.55	22	2.3 (22.6)
6	1.52	2	9.55	16.5	1.7 (16.9)
7	1.52	2	9.55	19	2.0 (19.5)
8	1.52	2	9.55	25	2.6 (25.7)
9	1.52	2	9.55	20	2.1 (20.5)
10	1.52	2	9.55	17	1.8 (17.5)

5.5 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo E

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)
1	1.41	2	8.86	20.5	2.3 (22.7)
2	1.41	2	8.86	14	1.6 (15.5)
3	1.41	2	8.86	21	2.4 (23.2)
4	1.41	2	8.86	20.5	2.3 (22.7)
5	1.41	2	8.86	19	2.1 (21.0)
6	1.41	2	8.86	17	1.9 (18.8)
7	1.41	2	8.86	19	2.1 (21.0)
8	1.41	2	8.86	18	2.0 (19.9)
9	1.41	2	8.86	26	2.9 (28.8)
10	1.41	2	8.86	19	2.1 (21.0)




5.4 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo F

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)
1	0.95	2	5.97	13	2.2 (21.4)
2	0.95	2	5.97	15.5	2.6 (25.8)
3	0.95	2	5.97	11.5	1.9 (18.9)
4	0.95	2	5.97	20.3	3.4 (33.4)
5	0.95	2	5.97	12	2.0 (19.7)
6	0.95	2	5.97	14	2.3 (23.0)
7	0.95	2	5.97	12	2.0 (19.7)
8	0.95	2	5.97	21	3.5 (34.5)
9	0.95	2	5.97	19	3.2 (31.2)
10	0.95	2	5.97	18.5	3.1 (30.4)

5.5 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo G

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)
1	1.52	2	9.55	11	1.2 (11.3)
2	1.52	2	9.55	13	1.4 (13.3)
3	1.52	2	9.55	16	1.7 (16.4)
4	1.52	2	9.55	11	1.2 (11.3)
5	1.52	2	9.55	14	1.5 (14.4)
6	1.52	2	9.55	15	1.6 (15.4)
7	1.52	2	9.55	11	1.2 (11.3)
8	1.52	2	9.55	12	1.3 (12.3)
9	1.52	2	9.55	10	1.0 (10.3)
10	1.52	2	9.55	10	1.0 (10.3)





5.4 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo H

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)
1	1.41	2	8.86	10	1.1 (11.1)
2	1.41	2	8.86	9	1.0 (10.0)
3	1.41	2	8.86	8.5	1.0 (9.4)
4	1.41	2	8.86	15	1.7 (16.6)
5	1.41	2	8.86	10	1.1 (11.1)
6	1.41	2	8.86	12	1.4 (13.3)
7	1.41	2	8.86	8	0.9 (8.8)
8	1.41	2	8.86	9.5	1.1 (10.5)
9	1.41	2	8.86	9	1.0 (10.0)
10	1.41	2	8.86	11	1.2 (12.2)

5.5 Ensayo de resistencia al corte en probetas del grupo I

Muestra	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de corte kg/mm ² (Mpa)
1	0.95	2	5.97	7.5	1.3 (12.3)
2	0.95	2	5.97	8	1.3 (13.1)
3	0.95	2	5.97	7	1.2 (11.5)
4	0.95	2	5.97	7.5	1.3 (12.3)
5	0.95	2	5.97	10	1.7 (16.4)
6	0.95	2	5.97	8	1.3 (13.1)
7	0.95	2	5.97	7	1.2 (11.5)
8	0.95	2	5.97	8	1.3 (13.1)
9	0.95	2	5.97	8.5	1.4 (14.0)
10	0.95	2	5.97	8	1.3 (13.1)

* Código de autenticación : CCCLXXXVI DLXXXVIII TAPI IBAN



MSC. ING. WINSTON ACEIJAS PAJARES
CIP: 34882

Jefe del Laboratorio de Mecánica - Lab. N° 4