



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

ESTUDIO IN VITRO DEL EFECTO DE  
UN PRIMER AUTOCONDICIONANTE  
EN LA RESISTENCIA ADHESIVA Y  
TIPO DE FRACTURA EN POSTES DE  
FIBRA DE VIDRIO

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN  
ESTOMATOLOGÍA

WILSON BENJAMIN CONDORI  
AROCUTIPA

LIMA-PERÚ  
2023



**ASESOR**

Mg. Pablo Cesar Sánchez Borjas

Departamento Académico de Odontología Social

ORCID: 0009-0008-4408-4118

**JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

MG. LEYLA DELGADO COTRINA

PRESIDENTE

MG. CARLOS VLADIMIR ESPINOZA MONTES

VOCAL

MG. CARLOS LIÑÁN DURAN

SECRETARIO

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser el motivo fundamental de fortaleza y dedicación.

A mis padres, por su apoyo y gran ejemplo de superación.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis amigos por la confianza y apoyo incondicional.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO.**

Trabajo de investigación autofinanciado.

# ESTUDIO IN VITRO DEL EFECTO DE UN PRIMER AUTOCONDICIONANTE EN LA RESISTENCIA ADHESIVA Y TIPO DE FRACTURA EN POSTES DE FIBRA DE VIDRIO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.unfv.edu.pe](https://repositorio.unfv.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

2

[www.mdpi.com](http://www.mdpi.com)

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia

Trabajo del estudiante

1%

4

[creativecommons.org](https://creativecommons.org)

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad de los Andes - Chile

Trabajo del estudiante

1%

6

[repositorioacademico.upc.edu.pe](https://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

7

[dspace.udla.edu.ec](https://dspace.udla.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

8

[journals.iztacala.unam.mx](https://journals.iztacala.unam.mx)

Fuente de Internet

1%

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

I.	DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.....	1
	1.1. Docencia universitaria estomatológica .....	2
	1.2. Análisis crítico de literatura estomatológica .....	7
	1.3. Proyecto de investigación en estomatología .....	17
II.	CONCLUSIONES .....	36
III.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
IV.	ANEXOS	

## **RESUMEN**

**Introducción:** Mediante realización del taller de portafolio se pudo obtener 3 productos completamente relacionados con nuestro artículo base de estudio; el cual busca incorporar un primer autocondicionante como pretratamiento en el protocolo de cementado de Postes de Fibra de Vidrio (PFV). **Desarrollo temático:** Se realizaron 3 trabajos, Primero: Silabo; Segundo: Análisis crítico de literatura estomatológica; Tercero: Proyecto de investigación, teniendo como línea de trabajo el tema “Estudio in vitro del efecto de un primer autocondicionante en la resistencia adhesiva y tipo de fractura en PFV”. **Conclusiones:** Del portafolio se concluye que: Con la ejecución del sílabo el estudiante podrá reconocer las características del sistema autocondicionante en el pretratamiento de PFV y podrá realizar el protocolo de uso del sistema autocondicionante mediante la revisión de casos. El trabajo de análisis crítico de literatura estomatológica nos permitió realizar la evaluación de la calidad del artículo siguiendo parámetros con el fin de comprender en su totalidad el artículo y reconocer los errores del estudio, ya sea por sesgo o confusión; El trabajo de proyecto de investigación nos servirá para evaluar in vitro el efecto de un primer autocondicionante en la resistencia adhesiva y tipo de fractura en PFV.

## **PALABRAS CLAVES**

Agentes adhesivos dentinarios, Silano, Resistencia a la tracción, poste y técnica básica (DeCS)

## **ABSTRACT**

**Introduction:** With the portfolio workshop we were able to obtain 3 products that were closely related to our study base article; which seeks to incorporate a first self-conditioning agent as a pretreatment in the protocol for cementing fiberglass posts.

**Thematic development:** 3 works were carried out, First: Silabo; Second: Critical analysis of stomatological literature; Third: Research project, having as a line of work the theme “In vitro study of the effect of a first self- conditioning agent as a pretreatment in the protocol for cementing fiberglass posts.

**Conclusions:** From the portafolio it is concluded that: with the execution of the syllable the student will be able to recognize the characteristics of the self-conditioning system in the pretreatment of fiberglass posts and will be able to carry out the protocol for using the self – conditioning system by reviewing cases. The work of critical analysis of dental literature will allow us to evaluate the quality of the article following parameters in order to fully understand the article studied and also recognize the errors of the study, either due to bias or confusion; The research project work will help us to evaluate in vitro study of the effect of a first self-conditioning agent as a pretreatment in the protocol for cementing fiberglass posts.

## **KEY WORDS**

Dentin bonding agents, silane, tensile strength, post and basic technique.

## **I. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS**

En el presente trabajo de investigación se elaboraron 3 trabajos:

Trabajo de docencia universitaria estomatológica donde se elaboró un silabo relacionado al Pretratamiento de PFV con sistema autocondicionante, para que el estudiante pueda conocer los diferentes sistemas de pretratamientos aplicados en el PFV, saber sus diferencias y el protocolo de uso en el cementado de PFV.

Análisis crítico de literatura del artículo “Comparison of Self-Etching Ceramic Primer and Conventional Silanization to Bond Strength in Cementation of Fiber Reinforced Composite Post”, publicado por Dental Materials Journal en el 2019.

Proyecto de Investigación “Estudio in vitro del efecto de un primer autocondicionante en la resistencia adhesiva y tipo de fractura en postes de fibra de vidrio”.

## I.1. Docencia universitaria estomatológica

<b>FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA</b>
<b>UNIDAD DE POSGRADO Y ESPECIALIZACIÓN “WILSON DELGADO”</b>
<b>ÁREA DE REHABILITACIÓN ORAL</b>

<b>I. DATOS GENERALES</b>	
1.1.	Nombre del curso : Pretratamiento de postes de fibra de vidrio con sistema autocondicionante
1.2.	Código : NR
1.3.	Dirigido a : Alumnos de la segunda especialidad en rehabilitación oral
1.4.	Organizado por : Área de rehabilitación oral
1.5.	Semestre académico : 2023-II
1.6.	Tipo de asignatura : Educación continua
1.7.	Prerrequisito : Ninguno
1.8.	Modalidad : Presencial
1.9.	Créditos : 1 crédito Horas teóricas: 17 horas
1.10.	Duración : Del 14 de agosto al 06 de Octubre de 2023
1.11.	Coordinador : Cd. esp. Wilson Condori Arocutipa <a href="mailto:wilson.condori@upch.pe">wilson.condori@upch.pe</a>
<b>II.</b>	<b>SUMILLA:</b> Es un curso de carácter Teórico, pertenece al área de formación específica, dirigida para los alumnos de segunda especialidad en rehabilitación oral. El curso busca capacitar al estudiante en el manejo de sistemas de pretratamiento en el protocolo de cementado de postes de fibra de vidrio.

<b>III. RESULTADO DE APRENDIZAJE</b>
Al culminar el curso el estudiante será capaz de:
RA 1. Reconocer las características del sistema autocondicionante en el pretratamiento de postes de fibra de vidrio
RA 2. Explicar el protocolo de uso del sistema autocondicionante en el pretratamiento de postes de fibra de vidrio mediante la revisión de casos.

<b>IV. CONTENIDOS</b>
UNIDAD 1: Sistema autocondicionante en el pretratamiento de postes de fibra de vidrio.
Sesión 1:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Características y tipos de poste de fibra de vidrio</li><li>○ Composición de los postes de fibra de vidrio.</li></ul>

- Forma de los postes de fibra de vidrio.
- Propiedades estéticas y físicas de los postes de fibra de vidrio.
- Factores de riesgo para la longevidad de los postes.

Sesión 2:

- Pretratamiento en los postes de fibra de vidrio
- Tratamientos mecánicos y características
- Tratamientos químicos y características
- Diferencias entre ambos tratamientos
- Ventajas y desventajas de la técnica autocondicionante

Sesión 3:

- Agente autocondicionante monobond etch and prime
- Características, propiedades, ventajas e indicaciones.

UNIDAD 2. Protocolo de uso del sistema autocondicionante en el pretratamiento de postes de fibra de vidrio mediante revisión de casos.

Sesión 4:

- Protocolo de uso del Primer autocondicionante.
- Características de los cambios estructurales de la superficie de los postes de fibra de vidrio expuestos al primer autocondicionante.

## V. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

### **Clase Magistral Participativa:**

Estará a cargo del docente responsable del curso, quien presentará la información completa, detallada y actual sobre temas seleccionados en base a las competencias previstas. Se desarrollará mediante la exposición del docente procurando la interacción con los alumnos.

### **Método de caso:**

El estudiante presentará un caso clínico en el cual deberá realizar el análisis y discusión, considerando la secuencia de uso del agente autocondicionante en la cementación del poste de fibra de vidrio, interpretando los resultados, los cuales serán discutidos entre los demás estudiantes y el docente.

## VI. EVALUACIÓN

Aspectos a evaluar	Ponderación
1. Examen escrito UNIDAD 1	30 %
2. Examen escrito UNIDAD 2	30%
3. Exposición de método de caso UNIDAD 2	40%
Total	100%

1. La evaluación de Método de caso, consistirá en seleccionar, presentar un caso clínico y explicar detalladamente el caso clínico seleccionado.
2. La calificación del curso es en escala vigesimal.
3. La asistencia a las actividades académicas es obligatoria.

## VII. CERTIFICACIÓN

- Al concluir el curso se entregará al estudiante un certificado cuando haya aprobado satisfactoriamente con nota mínima de 11.
- No se entregará certificado al participante que tenga inasistencias injustificadas del 20% o más durante el desarrollo del curso.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Calabria H. Postes prefabricados de fibra. Consideraciones para su uso clínico. Odontostomatología. 2010. Vol XII.
2. Bakaus T, Gruber Y, Reis A, Gomes O, Gomes G. Bond strength values of fiberglass post to flared root canals reinforced with different materials. Braz Oral Res. 2018; 32: 13.
3. Allabban M, Youssef S, Nejri A, Qudaih M. Evaluation of Bond Strength of Aesthetic Type of Posts at Different Regions of Root Canal after Application of Adhesive Resin Cement. Open Access Maced J Med Sci. 2019; 7(13):2167-72.
4. Pang N, Jung B, Roh B, Shin Y. Comparison of Self-Etching Ceramic Primer and Conventional Silanization to Bond Strength in Cementation of Fiber Reinforced Composite Post. Materials (Basel). 2019; 12(10):16.
5. De Rosatto C, Roscoe M, Novais V, Menezes M, Soares C. Effect of silane type and air-drying temperature on bonding fiber post to composite core and resin cement. Braz Dent J. 2014; 25(3):217-24.
6. Baena E, Flores A, Ceballos L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. Odontology. 2017; 105(2):170-7.
7. Novais V, Simamotos P, Rontani R, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Bond strength between fiber posts and composite resin core: influence of temperature on silane coupling agents. Braz Dent J. 2012; 23(1):8-14.
8. Prado M, Marques J, Pereira G, da Silva E, Simão R. Evaluation of different surface treatments on fiber post cemented with a self-adhesive system. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2017; 77: 257- 62.
9. Hoon J, Bong T, Hee J, Min K, Hyung T, Suk H. Effects of hydrogen peroxide pretreatment and heat activation of silane on the shear bond strength of fiber reinforced composite posts to resin cement. J Adv Prosthodont. 2016; 8: 94-100.

10. Pedreira A, D'Alpino P, Pereira P, Chaves S, Wang L, Hilgert L. Effects of the application techniques of self-adhesive resin cements on the interfacial integrity and bond strength of fiber posts to dentin. *J Appl Oral Sci.* 2016; 24(5):437-46.
11. Başaran G, Göncü E, Ayna E, Değer Y, Ayna B, Tuncer M. Microtensile bond strength of root canal dentin treated with adhesive and fiber-reinforced post systems. *Braz Oral Res.* 2019; 33: 27.
12. Maletin A, Markovic D, Neskovic I, Ramic B, Veljovic T, Ristic I. Application of a Novel Modification of the Microbond Test for Evaluation of Adhesive Bond Strength Between Fiber Posts and Dual-Cure Dental Resin Cement. *Med Sci Monit.* 2019; 25: 397-405.

### IX. PROFESORES DEL CURSO E INVITADOS

Grado o Título	Nombre	Apellidos	Departament o Académico	Condición Docente/I nvitado	Correo electrónico
Esp.	Wilson	Condori Arocutipa	Ninguno	Invitado	<a href="mailto:wilson.condori@upch.pe">wilson.condori@upch.pe</a>

### X. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

Nº de Sesión	Fecha	Horario	Contenido	Estrategias didácticas	Docente
1	14 de Agosto	8:00am-12:00am	Presentación del curso Poste de fibra de vidrio características y tipos.  Composición  Forma  Propiedades estéticas y físicas  Factores de riesgo para la longevidad	Clase magistral – participativa	Esp. Wilson Condori Arocutipa
2	21 de Agosto	8:00am-12:00am	Pretratamiento en los postes de fibra de vidrio  Tratamientos mecánicos y características  Tratamientos químicos y características	Clase magistral – participativa	Esp. Wilson Condori Arocutipa

			Diferencias entre ambos tratamientos		
3	28 de Agosto	9:00am-10:30am	Agente autocondicionante monobond etch and prime  Características, propiedades, ventajas e indicaciones.	Clase magistral – participativa.	Esp. Wilson Condori Arocutipa
4	04 de setiembre	9:00am-10:30am	Evaluación Teórica Unidad 1	Evaluación teórica	Esp. Wilson Condori Arocutipa
5	11 de setiembre	9:00am-10:30am	Protocolo de uso del Primer autocondicionante	Clase magistral	Esp. Wilson Condori Arocutipa
6	18 de setiembre	9:00am-10:30am	Características de los cambios estructurales de la superficie de los postes de fibra de vidrio expuestos al primer autocondicionante	Clase magistral	Esp. Wilson Condori Arocutipa
7	02 de octubre	9:00am-10:30am	Evaluación Teórica Unidad 2	Evaluación teórica	Esp. Wilson Condori Arocutipa
8	09 de Octubre	9:00am-10:30am	Evaluación Método de caso	Método de Caso	Esp. Wilson Condori Arocutipa

## I.2. Análisis crítico de literatura estomatológica

### I.2.1. Información general

Información	Descripción
Título	Comparison of Self-Etching Ceramic Primer and Conventional Silanization to Bond Strength in Cementation of Fiber Reinforced Composite Post
Autores	Pang N, Jung B, Roh B, Shin Y.
Revista	Dental Materials Journal
Año de publicación	2019
País	Korea
Tipo de estudio	In vitro
Objetivo	Comparar y evaluar la resistencia de unión y de expulsión de diferentes tratamientos de superficie en el poste de fibra de vidrio después de un procedimiento de envejecimiento artificial.
Metodología	<p>La muestra estuvo compuesta por 40 premolares mandibulares humanos con una longitud radicular de 14 mm. se agruparon en 4 Grupos (G): G. 1 (n = 10) se aplicó un agente adhesivo de dentina (One step, Bisco), G. 2 (n = 10) se utilizó un agente de acoplamiento de silano (Bis – silane, Bisco), G. 3 (n = 10) se grabó con ácido fluorhídrico al 5% ( Gel de grabado cerámico IPS, Ivocalr vivadent) luego se silanizó y unión adhesiva, G. 4 (n =10) aplicación de Primer autoacondicionante (Monobond etch &amp; Prime, Ivoclar vivadent).</p> <p>Todas fueron cementadas con cemento resinoso Multilink N, Ivovlar vivadent, para luego ser llevadas a envejecimiento artificial almacenadas en agua destilada a 37°C durante 30 días, con ciclo térmico de 7500 ciclos (5 °C/ 55 °C) con tiempo de permanencia de 30 s y tiempo de transición de 6 s.</p>
Resultados	<p>En el G. 1 se muestra irregularidad en el material de recubrimiento y la superficie se ha adherido a la matriz del poste, el G. 2 presentó material de unión más invasivo en el poste y a la matriz, el G. 3 y 4 mostraron superficies de recubrimiento rugosas, discontinuidad de las fibras y destrucción irregular del componente de la matriz. El Anova de dos vías mostró efectos significativos independientes del tratamiento de superficie y de la ubicación del poste, no presentando interacción significativa entre el tratamiento y ubicación del poste. El G. 1 y 4 alcanzaron fuerzas de unión más baja que el G. 2 y 3. El modo de fractura que se evidenció fue: 1: falla adhesiva entre material y poste, 2: falla adhesiva entre el material y la dentina, 3: falla cohesiva del poste, 4: falla cohesiva del material de cementación y 5: fractura de tipo mixto; siendo la falla cohesiva de los materiales de cementación que ocurrió con mayor frecuencia (n = 31) seguido del tipo mixto (n = 24) y fallo adhesivo entre el material y la dentina (n = 17), fallo cohesivo del poste presentó incidencia más baja (n = 2).</p>
Conclusiones	La aplicación de silano en el poste de fibra de vidrio como pretratamiento mejora significativamente la fuerza de unión, sin embargo, no presentó resultados

similares con la aplicación del Primer autoacondicionante. Con respecto al tipo de falla, se encontró con mayor frecuencia la falla de tipo cohesión del material.

### I.2.2. Calidad del reporte escrito: CRIS para estudios in vitro

Secciones	Ítem	Recomendación	Descripción	Página
<b>Título y resumen</b>				
Título y resumen	1a	Identifica en el título que es un estudio in vitro/laboratorio.	No, en el título no se evidencia el diseño empleado en el artículo,	1
	1b	Resumen estructurado del diseño, métodos, resultados y conclusiones.	No, el resumen no presenta una estructura esperada (Objetivos, métodos, resultados y conclusiones).	1
<b>Introducción</b>				
Antecedentes y objetivos	2a	Antecedentes científicos y explicación de los motivos del estudio	Sí, menciona la importancia de utilizar un pretratamiento adecuado en la cementación de postes, evidenciando la controversia en los resultados de dichos pretratamientos existentes.	1 y 2
	2b	Objetivos específicos o hipótesis	No, no menciona objetivos específicos o hipótesis sólo hace mención del objetivo general.	3
<b>Métodos</b>				
Intervenciones	3	La intervención para cada grupo, incluyendo cómo y cuándo se administraron realmente, tienen suficiente detalle para permitir su reproducción.	Sí, se describe la forma de selección de las piezas dentarias, instrumentación y preparación de conductos radiculares, pretratamiento de los postes, unión del poste, almacenamiento, cortes para las muestras de estudio, pruebas de resistencia a la tracción y análisis estadísticos.	3 y 4
Resultados (outcomes)	4	Medidas de resultado primarias y secundarias completamente definidas, incluyendo cómo y	Sí, para evaluar la resistencia a la tracción de las muestras se utilizó una máquina de ensayo	4

		cuándo fueron evaluadas.	universal en dirección ápice – coronal hasta producir el fallo o desprendimiento, el valor de fuerza de unión obtenido fue dado en Newton.	
Tamaño muestral	5	Explica cómo se determinó el tamaño muestral.	No, en el estudio no se evidencia una fórmula o método de muestreo para la obtención de piezas dentales utilizadas en el estudio.	
Randomización:				
Generación de la secuencia	6	Menciona el método utilizado para generar la secuencia de asignación aleatoria.	No, en el estudio no menciona la asignación de las piezas dentarias para cada grupo.	3
Mecanismo de ocultación de la asignación	7	Indica el mecanismo usado para implementar la secuencia de asignación aleatoria (como contenedores numerados secuencialmente), descripción de las medidas adoptadas para ocultar la secuencia hasta la asignación de las intervenciones.	No, el estudio no indica la forma de agrupamiento de las muestras.	
Implementación	8	Determina quién generó la secuencia de asignación aleatoria, quién enroló las muestras y quién las asignó a la intervención.	No, el estudio no indica la forma de agrupamiento de las muestras.	
Cegamiento	9	En caso sea afirmativo, ¿indica a quién se cegó tras la asignación a las intervenciones (por ejemplo, a los profesionales sanitarios, a los que evalúan los resultados) y cómo se hizo?	No, el estudio no indica la forma de agrupamiento, por ello no se puede determinar si existió cegamiento.	
Métodos estadísticos	10	Menciona los métodos estadísticos usados para comparar los grupos para resultados primarios y secundarios	Sí, en el artículo se menciona las pruebas utilizadas, como la de Shapiro – Wilk para normalidad y prueba de Levene para	5

			homogeneidad de varianzas, prueba post hoc de Tukey.	
<b>Resultados</b>				
Especímenes analizados	11a	Indica el número de especímenes incluidos en cada grupo de análisis.	Si, indica que tienen 4 grupos de estudio (G. 1, G. 2, G. 3 y G. 4) cada uno con 10 especímenes incluidos en cada grupo.	3
Resultados y estimación	11b	Describe los resultados primarios y secundarios, de cada grupo, y la magnitud estimada del efecto y su precisión (como el intervalo de confianza del 95%, valor de p, etc.)	Si, el valor medio de resistencia a la tracción de cada grupo fue: G 1: 2.08 mpa, G 2: 2.44 mpa, G 3: 2.41 mpa, G 4: 2.15 mpa. Los resultados de cada grupo mostraron diferencia significativa entre la porción coronal y apical ( $p < 0.05$ ).  El modo de fractura que se evidenció fue la falla cohesiva de los materiales de cementación que ocurrió con mayor frecuencia ( $n = 31$ ) seguido del tipo mixto ( $n = 24$ ) y fallo adhesivo entre el material y la dentina ( $n = 17$ ), fallo cohesivo del poste presentó incidencia más baja ( $n = 2$ ).	6-8
<b>Discusión</b>				
Limitaciones	12a	Establece las limitaciones, abordando las fuentes de posibles sesgos, imprecisiones y, si procede, multiplicidad de análisis.	Si, en el estudio se mencionan las limitantes como el área estudiada que fue aquella que se obtuvo después de realizar los cortes, variación en proporción de la dentina por anatomía diversa del conducto radicular.	11
Generalización	12b	Indicar la generalización (validez externa, aplicabilidad) de los resultados.	Sí, los resultados muestran un aumento significativo en la adhesión de algunos grupos, considerando estos resultados y de los antecedentes; por ello se	9

			considera viable su aplicación.	
Interpretación	12c	Interpretación coherente con los resultados, sopesando los beneficios y los perjuicios, y teniendo en cuenta otras pruebas pertinentes.	Sí, realizó una interpretación coherente de los resultados y se compararon los grupos de estudio, mostrando mejoría en la adhesión de los postes por parte de algunos grupos teniendo en consideración otros estudios.	6-8
<b>Otra información</b>				
Protocolo	24	Indica dónde puede consultarse el protocolo completo, si está disponible	No, el protocolo se hace mención en la descripción del artículo y se encuentra la correspondencia del autor, sin embargo, no se menciona la disponibilidad.	
Financiamiento	25	Menciona las fuentes de financiamiento y otras ayudas (como suministros), papel de los financiadores	Si, este estudio fue financiado por una beca universitaria de Yonsei, además menciona expresiones de gratitud por la donación de imprimación cerámica de autograbado de Ivoclar Vivadent.	11

### I.2.3. Calidad metodológica del estudio: AXIS adaptada para estudios in vitro

Introducción	Sí	No	No sé	¿Por qué?	Página
1. ¿Fueron los objetivos del estudio claros?	X			Quieren evaluar la resistencia a la tracción después de haber recibido un pretratamiento en los postes de premolares con conductos ovales	3
<b>Métodos</b>					
2. ¿Fue el estudio diseñado apropiadamente para los objetivos propuestos?	X			El tipo de estudio fue In vitro, en este estudio se utilizaron los diferentes materiales de	5

				pretratamiento mencionados y la técnica utilizada para el proceso de preparación y cementación de los postes, para después hacer la evaluación de la resistencia a la tracción.	
3. ¿Fue el tamaño de muestra justificado?		X		El tamaño muestral no fue justificado, pero sí se mencionó el número de piezas dentarias trabajadas en cada grupo del estudio, que fueron n=10.	
4. ¿Fueron los especímenes tomados de una población de base apropiada?	X			Las piezas dentarias utilizadas para este estudio fueron obtenidas de pacientes humanos que habían sido extraídos por motivos de enfermedad periodontal.	3
5. ¿Fue el proceso de selección de especímenes congruente con la población de investigación?	X			Al tratarse de un estudio in vitro, la cantidad de especímenes evaluados si estaba en concordancia con las variables observadas y cumpliendo los criterios de inclusión.	3
6. ¿Se midieron adecuadamente los resultados de acuerdo con los objetivos del estudio?	X			Se midieron los resultados de acuerdo con los objetivos del estudio como la resistencia a la tracción de los postes con pretratamiento y el tipo de falla en su desprendimiento, utilizando una máquina de ensayo universal con una carga aplicada expresada en Newton y luego vistos en Microscopía	6-8

				electrónica de barrido para ver el tipo de falla del desprendimiento.	
7. ¿Se midieron correctamente los resultados con el uso de instrumentos o medidas que hayan sido experimentadas, probadas o publicadas previamente?	X			La técnica de evaluación para medir la resistencia a la tracción fue aplicada de forma correcta, desde la obtención de los especímenes mediante cortes con sierra de diamante de baja velocidad, luego aplicación de la máquina de ensayo universal para obtener el desprendimiento del poste del conducto radicular y evaluar la resistencia de unión, calculando el valor de resistencia en MPa, también se menciona que el método de cálculo del área de superficie de unión se ha descrito en otros estudios indicando su referencia, además se observa un diagrama de flujo de toda la secuencia de trabajo.	4 y 5
8. ¿Está claro que se usó para determinar significancia estadística, estimadores de precisión, o ambos? (por ejemplo: valores p, intervalos de confianza)	X			El valor de $p = 0.05$ . Las pruebas utilizadas para este estudio fueron apropiadas como la de Shapiro – Wilk para normalidad y de Levene para homogeneidad de varianzas y post hoc de Tukey	6
9. ¿Fueron los métodos (incluye métodos estadísticos)	X			La secuencia del protocolo de trabajo	4

suficientemente descritos para permitir que estos sean repetidos?				está descrito en el artículo, pudiendo ser replicado, además, se puede evidenciar como se evaluó la resistencia a la tracción mediante la prueba de push out con una máquina de ensayo universal.	
<b>Resultados</b>					
10. ¿Fueron descritos adecuadamente los datos básicos?	X			Se describen los resultados obtenidos de la prueba de resistencia a la tracción.	7 y 8
11. ¿Si es apropiado, la información de los individuos con no respuesta fue descrita?				No aplica.	
12. ¿Fueron los resultados consistentes internamente?	X			La forma de evaluación de resistencia a la tracción de postes con pretratamiento fue apropiada, estandarizada y comúnmente usada en estudios anteriores, sin embargo no menciona ningún proceso de estandarización de procesos ni de recojo de información.	7 y 8
13. ¿Fueron presentados los resultados según lo descrito en la metodología?	X			Los resultados descritos fueron correspondientes a la metodología que fue utilizada en este estudio.	7 y 8
<b>Discusión</b>					
14. ¿Fueron las discusiones y conclusiones de los autores justificadas por los resultados?	X			Los resultados no fueron positivos para la aplicación del Primer autocondicionante, sin embargo, se describe en la discusión la	9 y 10

				<p>aplicación del silano como un material adecuado en el pretratamiento de los postes, coherente con los resultados.</p> <p>En las discusiones podemos evidenciar los resultados que fueron justificados por los autores de este estudio</p>	
15. ¿Fueron discutidas las limitaciones del estudio?	X			<p>Se hace mención de las limitaciones en el estudio, como las dimensiones utilizadas para calcular la resistencia de unión ante la expulsión no derivan directamente de las muestras originales sino a partir del corte realizado; los dispositivos de guía de inserción debería haber mantenido el espesor del cemento uniforme en todas las muestras, La aplicación de diversos postes y cementos también debe ser considerado, además mencionar la falta de investigación sobre las propiedades de la química de superficie después de la cementación.</p>	11
<b>Otros</b>					
16. ¿Existieron algunas fuentes de financiación o conflictos de interés que puedan afectar la interpretación de los resultados por los autores?	X			<p>Fue financiado por una beca universitaria de Yonsei, además menciona expresiones de gratitud por la donación del Primer autoacondicionante Ivoclar Vivadent, también hace</p>	11

				mención que no existe interés personal en este estudio.	
17. ¿Se obtuvo aprobación ética o consentimiento de los participantes?		X		No se tiene información de aprobación del comité de ética, ni consentimiento de donación de los especímenes utilizados en este estudio.	

**Adaptado de:**

1. Krithikadatta J, Gopikrishna V, Datta M. CRIS Guidelines (Checklist for Reporting In-vitro Studies): A concept note on the need for standardized guidelines for improving quality and transparency in reporting in-vitro studies in experimental dental research. *J Conserv Dent.* 2014;17(4):301–304.
2. Downes MJ, Brennan ML, Williams HC, et al. Development of a critical appraisal tool to assess the quality of cross-sectional studies (AXIS). *BMJ Open* 2016;6:e011458.
3. Plaza-Ruiz SP. Estudios transversales analíticos. En: Barbosa-Liz DM, Pineda-Vélez EL, Agudelo-Suárez AA. *Odontología basada en la evidencia: de la teoría a la práctica.* Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas; 2020.

### **I.3. Proyecto de investigación en estomatología**

#### **TITULO**

Estudio *in vitro* del efecto de un primer autocondicionante en la resistencia adhesiva y tipo de fractura en postes de fibra de vidrio.

#### **RESUMEN**

**Antecedentes:** Los Postes de Fibra de Vidrio (PFV) son utilizados para la reconstrucción y restauración de dientes que han sido tratados endodónticamente, sin embargo, el principal motivo de fracaso de los PFV es la decementación, debido a la menor resistencia de unión que se obtiene en la dentina radicular por la falta de retención entre el cemento resinoso y la superficie del poste. **Objetivo:** Evaluar *in vitro* el efecto de un primer autocondicionante en la resistencia adhesiva y tipo de fractura en PFV. **Materiales y Métodos:** Estudio experimental *in vitro*. Se emplearán raíces de premolares inferiores divididos aleatoriamente en 3 grupos según el tratamiento del poste. Se utilizarán postes White Post (Joinville, SC, Brasil) que recibirán un tratamiento de superficie y serán agrupados: Grupo 1: alcohol al 70%, grupo 2: silano (Bis-Silane™, BISCO, Schaumburg, EE.UU.) y grupo 3: Monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent AG Schaan, Liechtenstein, Alemania). Luego de la cementación de los PFV, las raíces serán seccionadas en 6 discos radiculares (2 de la región cervical, 2 región media y 2 región apical) que serán sometidos a prueba de *push out* para determinar la resistencia de unión. Luego los cortes serán evaluados en un estereomicroscopio con ampliación de 8X para observar el tipo de falla del desprendimiento.

**Palabras clave:** Agentes adhesivos dentinarios, Silano, Resistencia a la tracción, poste y técnica básica (DeCS)

## INTRODUCCIÓN

Los Postes de Fibra de Vidrio (PFV) son utilizados para la reconstrucción y restauración de piezas dentarias que han sido tratados endodónticamente, los cuales son considerados más susceptibles a fracturas, debido a la remoción de estructuras anatómicas importantes, como cúspides, surcos, techo de cámara pulpar, deshidratación y pérdida dentinaria después de realizar el tratamiento endodóntico (1,2). Se componen de finas fibras pretensadas de vidrio con una resina de tipo epoxi, que se le puede hacer incrementos con resina de bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA). Por esta característica es que proporciona elasticidad comparable a los tejidos dentinarios con adecuadas cualidades mecánicas (3). Los PFV presentan propiedades favorables en biomecánica, estética, alta resistencia a la flexión y tienen un módulo de elasticidad parecido a la dentina (4), consiguiendo absorber la fuerza proveniente de la masticación y distribuirla homogéneamente (5). Generalmente se adhieren a la pared de la dentina intraconducto mediante adhesivos y cementos resinosos con similares módulos de elasticidad, aumentando la retención y mejorando sus propiedades mecánicas en las restauraciones (6).

El principal motivo de fracaso de un poste de fibra es la decementación, debido a la menor resistencia de unión que se obtiene en la dentina radicular, que puede ser causado por diversos factores, como variaciones en la estructura de la dentina, variaciones anatómicas y cambios fisiológicos por la maduración y envejecimiento de los dientes y diversos procesos patológicos que influyen en la resistencia de unión en la interfaz diente / poste en un diente con tratamiento de conducto (7, 8).

Por otro lado, la falta de retención entre el cemento resinoso y la superficie del poste, afecta en el proceso de cementación, por ello, se utilizan tratamientos superficiales químicos y mecánicos del poste de fibra (9), que permiten un aumento del área de superficie del poste y exponen las fibras para mejorar la fuerza de unión del PFV y el cemento resinoso (10). Los tratamientos se dividen en tres categorías: tratamiento mecánico (recubrimiento de sílice, abrasión de partículas y grabado ácido), métodos químicos (silanización y/o aplicación de adhesivo) y tratamientos mixtos (mecánico y químico) (11). Con relación a los métodos químicos, la silanización ha sido empleada como agente de acoplamiento, posee un grupo funcional orgánico que permite formar enlaces covalentes entre el cemento de resina y el poste de fibra, lo que contribuye el aumento de la fuerza de unión (12).

La silanización es el pretratamiento químico comúnmente utilizado por su accesibilidad y facilidad. Se ha desarrollado un primer autograbante que combina etapas de grabado y silanización en un solo paso, acortando el tiempo de trabajo. Contiene un agente acondicionador de polifluoruro de amonio y un sistema de silano a base de metacrilato de trimetoxipropilo, responsable en la adhesión química, llevando a un proceso de funcionalización altamente eficiente que compensa el grabado menos pronunciado, asegurando la fuerza de unión por medio del entrelazado micromecánico y la unión química (13). Existen estudios que evaluaron *in vitro* la resistencia de unión del PFV después de recibir un pretratamiento en su estructura, teniendo como resultado que los grupos donde utilizaron silano presentaron significativamente mayor resistencia de unión en comparación a otros grupos (14).

Por ello, la importancia del presente estudio comprobaría la posibilidad de incluir el uso de este material en el protocolo de cementación de PFV, con la finalidad de simplificar y necesitar menos productos para los trabajos clínicos con protocolos adecuados, se propone la pregunta de investigación: ¿Cuál es *in vitro* el efecto de un primer autocondicionante en la resistencia adhesiva y tipo de fractura de PFV?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar in vitro el efecto de un primer autocondicionante en la resistencia adhesiva y tipo de fractura en Postes de Fibra de Vidrio (PFV).

### **Objetivos Específicos**

1. Comparar la resistencia adhesiva del PFV según tratamiento de superficie.
2. Comparar la resistencia adhesiva del PFV según región del conducto.
3. Comparar el tipo de fractura del PFV según tratamiento de superficie.
4. Comparar el tipo de fractura del PFV según región del conducto.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Tipo de estudio**

In vitro.

### **Muestra**

La muestra estará conformada por premolares inferiores que fueron extraídos por motivos ortodónticos o periodontales que recibirán un PFV libres de contaminación y estéril, serán de la marca FGM® (Whitepost DC 0.5, FGM, Joinville, SC, Brasil) adquiridos de la distribuidora nacional. Los premolares inferiores serán seleccionados de las piezas dentarias que serán donadas por parte del Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CDD-UPCH) (Anexo 1).

Para obtener el tamaño muestral, se consideró el estudio de Pang N. et al (9), los cuales emplearon una muestra de 10 piezas dentarias para cada grupo; para el presente estudio que cuenta con 3 grupos, el tamaño de muestra final será 30 piezas dentarias.

Los grupos experimentales serán:

Grupo 1: Alcohol al 70%

Grupo 2: Silano (Bis-Silane™, Bisco, Schaumburg, IL, EE.UU.)

Grupo 3: *Primer* autoacondicionante Monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).

### **Criterios de selección**

Criterios de inclusión: Se seleccionarán premolares inferiores del CDD-UPCH (Anexo 1), piezas dentarias libre de lesiones cariosas, defectos estructurales, de raíz única y conducto radicular rectilíneo, conducto ovalado o circular, ápices completamente formados.

Criterios de exclusión: Serán excluidos premolares con conductos calcificados, con previo tratamiento endodóntico y fractura radicular.

### **Operacionalización de variables**

**Resistencia adhesiva:** Fuerza necesaria para producir el desprendimiento y fractura de dos superficies unidas permanentemente. Operacionalmente es la fuerza aplicada sobre el PFV evaluando su unión a la dentina radicular. Variable cuantitativa en escala de razón. La unidad de medida será Megapascales (MPa).

**Tipo de fractura:** Situaciones diversas que ocurren en base a defectos de un material. Operacionalmente es la superficie obtenida como consecuencia de la fractura de la interfaz de unión entre el PFV y la dentina radicular tras el test de *push out*. Variable cualitativa, nominal politómica. Valores: adhesiva - cemento resinoso y dentina radicular, adhesiva - cemento resinoso y PFV, cohesiva - dentina, cohesiva - cemento resinoso, cohesiva - PFV, mixta - adhesiva y cohesiva.

**Tratamiento de superficie:** Es la sustancia que recibe la superficie del PFV antes

del procedimiento de cementación. Variable cualitativa, nominal politómica. Sus valores son: Alcohol al 70%, Silano, *primer* autocondicionante.

**Región del conducto radicular:** Porción que ocupa el PFV cementado según profundidad. Operacionalmente es aquella que se obtiene según la longitud total radicular que ocupa el PFV cementado en el conducto radicular. Variable cualitativa, ordinal politómica. Valores: cervical, medio y apical.

El cuadro de operacionalización de variables se muestra en el Anexo 2.

## **Técnicas y Procedimientos**

### Equipos

La estandarización se realizará previamente a la calibración del equipo para proceder con la prueba Push out, se utilizará la máquina de ensayo universal (Instron 4444, Instron Corporation, Canton – Massachusetts, USA) con una carga aplicada de 50 Kg/f con una velocidad de 0.5 mm/min, que medirá el esfuerzo de corte en Kg/mm<sup>2</sup> (Megapascals) en donde se producirá el desalojo del poste del conducto radicular. Seguidamente serán observados mediante Estereomicroscopio con ampliación de 8X para verificar el tipo de fractura.

### Selección y estandarización de los dientes

Se seleccionarán premolares inferiores humanos que serán obtenidos del CDD-UPCH. Se retirará todo rastro de sangre y tejidos adheridos con equipo de ultrasonido para luego ser lavados con abundante agua. Los dientes serán analizados

macroscópicamente y según radiografía (radiovisiografo RVG 6200, Carestream) en dos angulaciones para verificar la presencia del conducto radicular que presenten las características de los criterios de selección. Las muestras se depositarán en recipientes de media onza, de polietileno de alta densidad (PEAD) con sellado hermético (tapa rosca), que contendrán entre 8 ml y 10 ml de una solución de cloruro de sodio al 0.9% hasta su uso.

Para estandarizar la longitud de las raíces, los especímenes serán fijados con una cera pegajosa (Kota Ind. e Com. Ltda., San Pablo, SP, Brasil) y serán seccionados próximo a la unión cemento - esmalte, a 15 mm del ápice de la raíz con una máquina de corte seriado a baja velocidad (Isomet 1000 precisión saw, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA).

#### Preparación endodóntica de los especímenes

Con una lima K15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Swizerland) se utilizará para explorar el conducto y establecer una longitud de trabajo de 14 mm. Seguido se trabajará con contra-ángulo oscilatorio con limas K20 hasta la longitud de trabajo, luego todos los conductos serán instrumentados con Sistema Reciproc 40 conicidad 06 (VDW GmbH, Munich, Germany) en movimiento recíprocante en cada cambio de lima se realizará irrigación con 2 ml de hipoclorito de sodio a 2.5% (Fórmula y acción, San Pablo, SP, Brasil) (6).

#### Obtención del conducto radicular

Se realizará con conos de gutapercha 40/06 (Endo Tanari, Manaus, AM, Brasil), llevados a la longitud de trabajo con cemento de endodoncia AH Plus (Dentsply

DeTrey GmbH, Konstanz, Germany). Después de este periodo se cortará la gutapercha excedente en la entrada del conducto radicular con calcadores de Paiva N° 03 (Golgran, Millenniun) (6). La entrada del conducto será sellada con ionómero de vidrio Maxxion R (FGM Dental Group, Joinvile, Brasil) y luego llevados a una estufa a 37 °C en 100% de humedad durante 7 días.

#### Preparación del conducto radicular para el PFV

El conducto radicular será preparado a una longitud de 10mm con las fresas del sistema Whitepost DC 0.5 (diámetro cervical de 1.4mm y apical 0.65mm, FGM, Joinville, SC, Brasil) con contra-ángulo de baja velocidad. El PFV será insertado en el conducto radicular previamente preparado, verificando el acceso y longitud de la preparación. Seguidamente se realizará la irrigación con 5 ml de NaOCL a 1%, luego 5 ml de EDTA T a 17 % (Fórmula y acción, San Pablo, Brasil), 5 ml de NaOCL 1% y finalmente 5 ml de agua destilada. El conducto será secado con punta de aspiración capillary tips 0.014'' (Ultradent, South Jordan, UT) y puntas de papel R40 (VDW GmbH, Munich, Germany)(6).

#### Tratamiento de la superficie del PFV

Todos los PFV se limpiarán con alcohol al 70% por 60 s. Los dientes recibirán los postes de forma aleatoria. Se realizará una codificación de los grupos para evitar sesgo durante el análisis de resistencia de unión y análisis estadístico. A continuación, se detalla el tratamiento de cada grupo:

- Grupo 1: Solo recibirá la limpieza con alcohol al 70%, no se aplicará ningún tratamiento adicional.

- Grupo 2: Será tratado con silano (Bis-Silane™, BISCO, Schaumburg, IL, EE.UU.). Se aplicará silano sobre la superficie del poste con una microbrush dejando reaccionar durante 30 s, después se secará durante 60 s.
- Grupo 3: Se tratará con un primer autocondicionante Monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent AG Schaan, Liechtenstein, Alemania) el cual se frotará a la superficie con un microbrush durante 20s, luego se dejará actuar por 40 segundos, se lavará con la jeringa triple eliminando los restos de la solución y secado con aire(9). (Anexo 3)

#### Cementación de los PFV

Todos los PFV serán cementados usando un cemento resinoso autoadhesivo y de curado dual RelyX U200 (3M ESPE, St. Paul, Mn, EUA) con una jeringa y punta plástica de automezcla será llevado al conducto radicular; se insertará el PFV en el conducto ejerciendo ligera presión. Se polimerizará con una lámpara LED VALO (Ultradent, Salt Lake, City, UT, USA) con una potencia de 1000 mw/cm<sup>2</sup> por 40 segundos. Todos los especímenes serán sellados con ionómero de vidrio Maxxion (FGM Dental Group, Joinvile, Brasil) y dejados en agua destilada a 37° por 24 horas (15).

#### Segmentación de las muestras

Los especímenes serán fijados en la máquina de corte de precisión Isomet (Buehler UK LTD, Lake Bluff, EUA) y seccionados transversalmente a lo largo del eje con disco diamantado (Extec Corp, Enfield, EUA) con 0.3 mm de espesor. Se obtendrá 06 segmentos (02 cervicales, 02 medio y 02 apicales) de 1 mm ( $\pm$  0.1 mm) de

espesor, espesura que será confirmada por medio de un calibrador digital (Mitutoyo, Tokyo, Japan) con precisión de 0.01 mm (16).

#### Ensayo mecánico de cizallamiento por extrusión

Cada muestra será sometida al test de resistencia de unión por medio de una máquina de ensayo universal (Instron 4444, Instron Corporation, Canton – Massachusetts, USA) con una carga aplicada de 50 Kg/f en dirección ápico – cervical con velocidad de 0.5 mm/min (17). Las muestras serán posicionadas en una base metálica donde la región del PFV coincida con el orificio central transmitiendo así la carga de cizallamiento al poste, hasta producir la falla, caracterizada por la dislocación del poste de la porción radicular.

Los valores de resistencia de unión al cizallamiento por extrusión serán obtenidos en kilogramo- fuerza (KgF) y convertidos en Newtons (N) en un cuadro de recolección de datos (Anexo 2). Para calcular el valor de la resistencia adhesiva en Megapascal (MPa), se realizará la división de la fuerza necesaria para la extrusión (N) del poste con respecto al área (mm<sup>2</sup>) del segmento. El cálculo del área adhesiva será obtenido aplicando la siguiente fórmula:

$$A = \pi (R + r) + \sqrt{(R - r)^2 + h^2}$$

Donde:

$\pi$  es la constante 3.14, R= radio del segmento de la porción cervical, r= radio del segmento de la porción apical y h = espesura del segmento dentario.

La resistencia adhesiva al desprendimiento del poste (RA) (MPa) será obtenida por la siguiente fórmula:

$$RA = F/A$$

Donde:

F = carga de cizallamiento para el desprendimiento del poste (N).

A = área adhesiva (mm<sup>2</sup>).

#### Análisis del tipo de fractura

Los especímenes serán evaluados por Estereomicroscopio con ampliación de 8X, luego clasificados según criterio Perez *et al*(18).

1. Falla adhesiva entre el cemento resinoso y dentina radicular.
2. Falla adhesiva entre el cemento resinoso y el PFV.
3. Falla cohesiva en la dentina radicular.
4. Falla cohesiva en el cemento resinoso.
5. Falla cohesiva en el PFV.
6. Falla mixta, cuando existe falla adhesiva y cohesiva.

## **Plan de análisis**

Los datos serán tabulados y analizados utilizando el programa estadístico STATA v.17.0. Se utilizará la prueba de Shapiro Wilk para determinar la normalidad, tener un análisis bivariado y establecer la relación entre las variables. Posteriormente, bajo un supuesto de normalidad se realizará la prueba ANOVA y post hoc de Tukey para comparar la resistencia de unión entre diferentes tratamientos de superficie de los PFV y los diferentes tercios del conducto radicular, en caso no presenten normalidad se utilizará el test de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney y se aplicará un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia menor a 0.05.

## **Consideraciones éticas**

Se solicitará el permiso de ejecución al Comité de ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia; así mismo, las piezas dentarias serán solicitadas del CDD-UPCH, es relevante mencionar que el investigador principal desconoce de quién proceden las piezas dentarias para el estudio (Anexo 1). Adicionalmente, se solicitará el uso de los laboratorios de Materiales dentales, Patología oral y High Technology Laboratory Certificate (Anexos 4, 5 y 6).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Oz F, Attar N, Sungur D. The influence of restorative material and glass fiber posts on fracture strength of endodontically treated premolars after extensive structure loss. *Niger J Clin Pract.* 2019;22(6):782-9.
2. Belli S, Erdemir A, Yildirim C. Reinforcement effect of polyethylene fibre in root-filled teeth: comparison of two restoration techniques. *Int Endod J.* 2006;39(2):136-42.
3. Daneshkazemi A. Resistance of bonded composite restorations to fracture of endodontically treated teeth. *J Contemp Dent Pract.* 2004;5(3):51-8.
4. Calabria H. Postes prefabricados de fibra. Consideraciones para su uso clínico. *Odontoestomatología*, 2010.
5. Valdivia J, Avaliação da espessura de cimento e resistência adesiva de pinos de fibra de vidro cônicos em preparo para retentor intra-radicular realizados com uma ponta ultrassônica desenvolvida (Master Tesis). Brasil: Universidade de São Paulo; 2017.
6. Bakaus T, Gruber Y, Reis A, Gomes O, Gomes G. Bond strength values of fiberglass post to flared root canals reinforced with different materials. *Braz Oral Res.* 2018;32: 13.
7. Iqbal M, Johansson A, Akeel R, Bergenholtz A, Omar R. A retrospective analysis of factors associated with the periapical status of restored, endodontically treated teeth. *Int J Prosthodont.* 2003;16(1):31-8.
8. Allabban M, Youssef S, Nejri A, Qudaih M. Evaluation of Bond Strength of Aesthetic Type of Posts at Different Regions of Root Canal after Application of Adhesive Resin Cement. *Open Access Maced J Med Sci.* 2019;7(13):2167-72.

9. Pang N, Jung B, Roh B, Shin Y. Comparison of Self-Etching Ceramic Primer and Conventional Silanization to Bond Strength in Cementation of Fiber Reinforced Composite Post. *Materials (Basel)*. 2019;12(10):16.
10. De Rosatto C, Roscoe M, Novais V, Menezes M, Soares C. Effect of silane type and air-drying temperature on bonding fiber post to composite core and resin cement. *Braz Dent J*. 2014;25(3):217-24.
11. Baena E, Flores A, Ceballos L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. *Odontology*. 2017;105(2):170-7.
12. Novais V, Simamotos P, Rontani R, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Bond strength between fiber posts and composite resin core: influence of temperature on silane coupling agents. *Braz Dent J*. 2012;23(1):8-14.
13. Prado M, Marques J, Pereira G, Da Silva E, Simão R. Evaluation of different surface treatments on fiber post cemented with a self-adhesive system. *Mater Sci Eng C Mater Biol*. 2017;77: 257- 62.
14. Machado MEL. *Endodontia da biologia a técnica*. 1a ed. San Pablo: Editora Santos; 2007.
15. Pedreira A, D'Alpino P, Pereira P, Chaves S, Wang L, Hilgert L. Effects of the application techniques of self-adhesive resin cements on the interfacial integrity and bond strength of fiber posts to dentin. *J Appl Oral Sci*. 2016;24(5):437-46.
16. Başaran G, Göncü E, Ayna E, Değer Y, Ayna B, Tuncer M. Microtensile bond strength of root canal dentin treated with adhesive and fiber-reinforced post systems. *Braz Oral Res*. 2019;33: 27.
17. Maletin A, Markovic D, Neskovic I, Ramic B, Veljovic T, Ristic I. Application of a Novel Modification of the Microbond Test for Evaluation of

Adhesive Bond Strength Between Fiber Posts and Dual-Cure Dental Resin Cement.

Med Sci Monit. 2019;25: 397-405.

18. Perez B, Barbosa S, Melo R, Zamboni S, Ozcan M, Valandro L. Does the thickness of the resin cement affect the bond strength of a fiber post to the root dentin?. Int J Prosthodont. 2006;19(6):606-9.

## **PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA**

### Presupuesto

Materiales	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Limas manuales	5 cja	45	225
Limas reciprocantes	9	80	720
Conos de gutapercha	5 cja	50	250
Cemento Ah plus	3	300	900
Fresa Whitepost	20	10	200
Poste de fibra de vidrio	50	17	850
Cemento U 200	5	310	1550
Ionomero de vidrio	3	45	135
Microbrush	5	12	60
Alquiler de lámpara Valo	1	300	300
Alquiler del Maquina de ensayo universal	30	10	300
Alquiler de Microscopio Estereoscópico	30	30	900
Movilidad	5	10	50
<b>TOTAL</b>			<b>6440</b>

## Cronograma

Pasos	Oct 10	Nov 11	Dic 10	Ener o 13	feb 11	marz 15
Planteamiento del Problema	X					
Establecimiento de Objetivos	X					
Elaboración del Marco Teórico	X	X	X			
Formulación de Hipótesis		X	X			
Desarrollo de la Metodología	X	X	X			
Presentación del Proyecto de Tesis		X				
Aplicación de Instrumentos				X		
Tabulación de datos				X		
Análisis Estadístico				X		
Creación de tablas, gráficos y cuadros				X		
Comprobación de Hipótesis				X	X	
Discusión de los Resultados					X	
Interpretación de datos					X	
Conclusiones y Redacción de Informe Final de Tesis					X	
Sustentación de Informe Final de Tesis						X

## II. CONCLUSIONES

Se concluye que:

1. Por medio del trabajo de docencia universitaria, se elaboró un sílabo relacionado a las características del PFV, sistemas de pretratamiento y agente autocondicionante, con la finalidad que durante la ejecución del sílabo del curso el estudiante pueda conocer los diferentes sistemas de pretratamientos aplicados en el PFV, saber sus características, ventajas y modo de aplicación.
2. El trabajo de análisis crítico de literatura estomatológica nos permite evaluar la calidad metodológica del artículo según CRIS y AXIS, siguiendo parámetros con el fin de comprender en su totalidad el contenido del artículo, reconocer los errores presentes en este estudio, posibles sesgos o confusión en el desarrollo del artículo.
3. El trabajo de proyecto de investigación nos servirá para evaluar In vitro el efecto de un primer autocondicionante en la resistencia adhesiva y tipo de fractura del PFV, permitiendo mostrar las ventajas y características de los sistemas de pretratamiento que fueron estudiados, se podrá incorporar en el protocolo de cementación del PFV, según la practicidad y modo de aplicación de aquel agente que presente mejores resultados.

### III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allabban M, Youssef S, Nejri A, Qudaih M. Evaluation of Bond Strength of Aesthetic Type of Posts at Different Regions of Root Canal after Application of Adhesive Resin Cement. *Open Access Maced J Med Sci.* 2019;7(13):2167-72.
2. Baena E, Flores A, Ceballos L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. *Odontology.* 2017;105(2):170-7.
3. Bakaus T, Gruber Y, Reis A, Gomes O, Gomes G. Bond strength values of fiberglass post to flared root canals reinforced with different materials. *Braz Oral Res.* 2018;32: 13.
4. Başaran G, Göncü E, Ayna E, Değer Y, Ayna B, Tuncer M. Microtensile bond strength of root canal dentin treated with adhesive and fiber-reinforced post systems. *Braz Oral Res.* 2019;33: 27.
5. Belli S, Erdemir A, Yildirim C. Reinforcement effect of polyethylene fibre in root-filled teeth: comparison of two restoration techniques. *Int Endod J.* 2006;39(2):136-42.
6. Calabria H. Postes prefabricados de fibra. Consideraciones para su uso clínico. *Odontoestomatología,* 2010.
7. Daneshkazemi A. Resistance of bonded composite restorations to fracture of endodontically treated teeth. *J Contemp Dent Pract.* 2004;5(3):51-8.
8. De Rosatto C, Roscoe M, Novais V, Menezes M, Soares C. Effect of silane type and air-drying temperature on bonding fiber post to composite core and resin cement. *Braz Dent J.* 2014;25(3):217-24.

9. Iqbal M, Johansson A, Akeel R, Bergenholtz A, Omar R. A retrospective analysis of factors associated with the periapical status of restored, endodontically treated teeth. *Int J Prosthodont*. 2003;16(1):31-8.
10. Machado MEL. *Endodontia da biologia a técnica*. 1a ed. San Pablo: Editora Santos; 2007.
11. Maletin A, Markovic D, Neskovic I, Ramic B, Veljovic T, Ristic I. Application of a Novel Modification of the Microbond Test for Evaluation of Adhesive Bond Strength Between Fiber Posts and Dual-Cure Dental Resin Cement. *Med Sci Monit*. 2019;25: 397-405.
12. Novais V, Simamotos P, Rontani R, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Bond strength between fiber posts and composite resin core: influence of temperature on silane coupling agents. *Braz Dent J*. 2012;23(1):8-14.
13. Pang N, Jung B, Roh B, Shin Y. Comparison of Self-Etching Ceramic Primer and Conventional Silanization to Bond Strength in Cementation of Fiber Reinforced Composite Post. *Materials (Basel)*. 2019;12(10):16.
14. Pedreira A, D'Alpino P, Pereira P, Chaves S, Wang L, Hilgert L. Effects of the application techniques of self-adhesive resin cements on the interfacial integrity and bond strength of fiber posts to dentin. *J Appl Oral Sci*. 2016;24(5):437-46.
15. Perez B, Barbosa S, Melo R, Zamboni S, Ozcan M, Valandro L. Does the thickness of the resin cement affect the bond strength of a fiber post to the root dentin?. *Int J Prosthodont*. 2006;19(6):606-9.
16. Prado M, Marques J, Pereira G, da Silva E, Simão R. Evaluation of different surface treatments on fiber post cemented with a self-adhesive system. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2017;77: 257- 62.

17. Oz F, Attar N, Sungur D. The influence of restorative material and glass fiber posts on fracture strength of endodontically treated premolars after extensive structure loss. *Niger J Clin Pract.* 2019;22(6):782-9.
18. Valdivia J, Avaliação da espessura de cimento e resistência adesiva de pinos de fibra de vidro cônicos em preparo para retentor intra-radicular realizados com uma ponta ultrassônica desenvolvida (Master Tesis). Brasil: Universidade de São Paulo; 2017.

#### **IV. ANEXOS**

##### **Anexo 1. Carta de solicitud de donación**

Lima 08 de setiembre del 2023

**REMITENTE:**

**WILSON BENJAMIN CONDORI AROCUTIPA**

Alumno de posgrado de la UPCH

**DESTINATARIO:**

**CENTRO DENTAL DOCENTE DE LA UPCH**

facilidades de donación de las piezas dentarias antes mencionadas. Estimado Dr. por medio del presente solicito la donación de piezas dentarias correspondientes a premolares inferiores, para la ejecución del proyecto de investigación de título: **ESTUDIO *IN VITRO* DEL EFECTO DE UN PRIMER AUTOCONDICIONANTE EN LA RESISTENCIA ADHESIVA Y TIPO DE FRACTURA EN POSTES DE FIBRA DE VIDRIO**, para obtener el grado de magister en estomatología, por ello solicito a Ud. me brinde la donación de piezas dentarias.

Lima, 08

de setiembre del 2023



.....  
Wilson Condori Arocutipa  
COP: 32422

## Anexo 2. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Tipo	Escala de Medición	Valores Y Categorías
Resistencia adhesiva	Fuerza necesaria para producir el desprendimiento y fractura de dos superficies unidas permanentemente.	Es la fuerza aplicada sobre el poste de fibra de vidrio para evaluar su unión a la dentina radicular.	Valores de la máquina de ensayo universal Instron 4444	Cuantitativa	Razón	Megapascal (Mpa)
Tipo de fractura	Diversas situaciones que ocurren en base a defectos de un material.	Es la superficie obtenida como consecuencia de la fractura de la interfaz de unión entre el poste y la dentina radicular tras el test de <i>push out</i> .	Adhesiva: Desprendimiento completo del poste  Cohesiva: Daño o fractura en poste, cemento o dentina.  Mixta: Desprendimiento del poste pero se observa cemento en dentina	Cualitativo	Nominal Politómico	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Adhesiva-cemento resinoso y dentina radicular.</li> <li>● Adhesiva-Cemento resinoso y poste de fibra de vidrio.</li> <li>● Cohesiva - dentina</li> <li>● Cohesiva- cemento resinoso</li> <li>● Cohesiva - Poste de fibra de vidrio.</li> <li>● Mixta-adhesiva y cohesiva.</li> </ul>
Tratamiento de superficie	La superficie del poste se trata previamente con sustancias que causan irregularidades superficiales para mejorar la adhesión y retención.	Es la sustancia que recibe la superficie del poste antes del procedimiento de cementación.	Aplicación de sustancias sobre el poste de fibra de vidrio.	Cualitativa	Nominal	<p><u>Grupo 1:</u> aplicación de alcohol sobre el poste de fibra de vidrio.</p> <p><u>Grupo 2:</u> aplicación de silano sobre el poste de fibra de vidrio.</p> <p><u>Grupo 3:</u> aplicación de Primer Monobond Etch &amp; Prime sobre el Poste de fibra de vidrio.</p>

Región del conducto radicular	Porción radicular que ocupa el poste de fibra de vidrio cementado según profundidad.	Es aquella que se obtiene según la longitud total radicular que ocupa el poste de fibra de vidrio cementado en el conducto radicular.	Corte cervical, medio y apical de la dentina radicular.	Cualitativo	Nominal Politémico	Cervical Medio Apical
-------------------------------	--	---	---	-------------	-----------------------	-----------------------------



#### **Anexo 4. Solicitud de permiso para el uso del laboratorio de materiales dentales**

Dra. Leyla Delgado

Coordinadora del laboratorio de Materiales de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano  
Presente.-

Yo, Wilson Benjamin Condori Arocutipa, identificado con DNI N° [REDACTED] alumno de la Maestría en Estomatología de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, con el fin de realizar la ejecución de mi tesis titulada: “ESTUDIO *IN VITRO* DEL EFECTO DE UN PRIMER AUTOCONDICIONANTE EN LA RESISTENCIA ADHESIVA Y TIPO DE FRACTURA EN POSTES DE FIBRA DE VIDRIO” solicito a Ud. me brinde las facilidades para poder utilizar las instalaciones del Laboratorio de Materiales Dentales.

Atentamente,



---

Wilson B. Condori Arocutipa  
DNI [REDACTED]  
COP 32422

## **Anexo 5. Solicitud de permiso para el uso del laboratorio de Patología Oral**

Dra. Sonia Sacsquispe

Coordinadora del laboratorio de Patología Oral de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano

Presente.-

Yo, Wilson Benjamin Condori Arocutipa, identificado con DNI N° [REDACTED] alumno de la Maestría en Estomatología de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, con el fin de realizar la ejecución de mi tesis titulada: “ESTUDIO *IN VITRO* DEL EFECTO DE UN PRIMER AUTOCONDICIONANTE EN LA RESISTENCIA ADHESIVA Y TIPO DE FRACTURA EN POSTES DE FIBRA DE VIDRIO” solicito a Ud. me brinde las facilidades para poder utilizar las instalaciones del Laboratorio de Patología Oral para el uso del microscopio estereoscópico.

Atentamente,



---

Wilson B. Condori Arocutipa  
DNI [REDACTED]  
COP 32422

**Anexo 6. Solicitud de permiso para el uso del laboratorio de High Technology  
Laboratory Certificate**

Ing. Robert Nick Eusebio Teheran  
Coordinador del laboratorio de High Technology Laboratory Certificate  
Presente.-

Yo, Wilson Benjamin Condori Arocutipa, identificado con DNI N° [REDACTED] alumno de la Maestría en Estomatología de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, con el fin de realizar la ejecución de mi tesis titulada: “ESTUDIO *IN VITRO* DEL EFECTO DE UN PRIMER AUTOCONDICIONANTE EN LA RESISTENCIA ADHESIVA Y TIPO DE FRACTURA EN POSTES DE FIBRA DE VIDRIO” solicito a Ud. me brinde las facilidades para poder utilizar la Máquina digital de ensayos universales CMT – 5L (LG Corp)

Atentamente,



---

Wilson B. Condori Arocutipa  
DNI [REDACTED]  
COP 32422

# Anexo 7. Artículo empleado para el análisis crítico de literatura estomatológica



Article

## Comparison of Self-Etching Ceramic Primer and Conventional Silanization to Bond Strength in Cementation of Fiber Reinforced Composite Post

Nan-Sim Pang <sup>1</sup>, Bock-Young Jung <sup>1</sup>, Byoung-Duck Roh <sup>2</sup> and Yooseok Shin <sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Advanced General Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul 03722, Korea; pangns@yuhs.ac (N.-S.P.); jby1004@yuhs.ac (B.-Y.J.)

<sup>2</sup> Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul 03722, Korea; operatys16@yuhs.ac

<sup>3</sup> Department of Conservative Dentistry, Oral Science Research Center and Microscope center, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul 03722, Korea

\* Correspondence: densys@yuhs.ac; Tel: +82-2-2228-3149; Fax: +82-2-313-7575

Received: 17 April 2019; Accepted: 14 May 2019; Published: 15 May 2019



**Abstract:** Various mechanical and chemical surface treatments have been proposed to improve the retention of fiber-reinforced composite post (FRCP), but the results are still controversial. The bond strength and durability of a self-etching ceramic primer, which was recently released as an alternative to etching and silane, are not yet known. This study aimed to compare and evaluate the push-out bond strength of different surface treatments of FRCPs after an artificial aging procedure. Four groups ( $n = 10$ ) were established to evaluate FRCP surface treatments (dentin adhesive bonding; silane and adhesive bonding; hydrofluoric acid, silane and adhesive bonding; and a self-etching ceramic primer). They were bonded with dual-curing resin cement (Multilink N) and stored in distilled water at 37 °C for 30 days, then thermal cycled for 7500 cycles. After being sectioned into 1 mm thickness, each coronal and apical part was evaluated for its the push-out bond strength by a universal testing machine. Each debonded specimen was observed by an optical microscope and divided according to the failure modes. The results showed that silane treatment significantly improved push-out bond strength, but the self-etching ceramic primer did not do so. Additional hydrofluoric acid treatment or the adhesive bonding agent alone did not significantly improve the retention of FRCPs. Cohesive failure of the luting material was found most frequently in all groups.

**Keywords:** Self-etching ceramic primer; FRC post; push-out bond strength; surface treatment

### 1. Introduction

Prefabricated posts were introduced in the 1950s [1,2]. The initial products were made of metal, mainly stainless steel, which was followed by titanium alloys. Metals have been chosen because of their inherent mechanical properties, with the aim of increasing the strength of the remaining dental structure. However, metal posts tend to be less aesthetic and corrosive (unless they are noble alloys) and have the disadvantage of impairing the appearance of final aesthetic restoration [1,3]. Above all, subsequent studies have revealed that stiff metal posts could transmit the stress load directly to the roots and cause root fracture [3,4]. This problem resulted from a mismatch of the modulus of elasticity between a stainless steel post (200 GPa) and dentin (20 GPa). Clinically, this combination of two materials with different moduli of elasticity often caused occlusal stress to concentrate between their interface, resulting in irreversible vertical root fractures [3,4]. Ideal posts should have mechanical properties and a behavior such as that of the tooth structure.

Fiber reinforced composite posts (FRCPs) were introduced in the early 1990s as an alternative to cast posts and metal dowels to restore endodontically treated teeth [3]. Fiber posts are recommended to adhere to the intracanal dentin by an etchant, primer, adhesive, and resin composite technique. The FRCP can form a homogenous structure in the dentin wall with resin cement and other resinous restorative materials [5]. The post-core tooth monoblock, which would theoretically induce stress reduction by the distribution of functional loads [6], would reduce the risk of root fracture [5]. Their modulus of elasticity ranges from 16 to 40 GPa [3], with a stiffness to dentin [7]. FRCP also has a translucent property, allowing it to transmit light energy along the entire length of the post space and enhance the polymerization of the photo-activated adhesive system [8]. Therefore, posts luted with dentin-bonding adhesive systems exhibited less microleakage than those cemented with non-dentin bonding cements such as zinc phosphate or glass ionomer [9].

Simultaneously, the methods of FRCP management and the selection of resin luting agents have emerged as crucial elements of the post cementation phase. This is due to frequent adhesive failures, such as a loss of retention of the post [10]. The bonding effect among dentin, resin luting agents, and posts can affect the retention of post-core restoration. FRCP is usually bonded to the intracanal dentin wall by bonding agents and resin cements with flexibilities similar to FRCP to increase retention and improve their mechanical properties in the restored teeth [11].

In general, the post type [12], the cement properties [13], and the cement bonding effect to the post, and root canal dentin [14] are related to the retention of FRCPs. Self-adhesive resin cements and dual polymerizing resin cement are suitable materials for bonding FRCPs to the root canal dentin wall due to their higher initial bond strength and less solubility than water-based cements. In detail, there are several factors that affect the bond strength at the post cement root interface, including the degree of hydration of root canal dentin, the use of eugenol-containing sealers, the surface conditioning agent and luting cement used, the cavity configuration factor, the orientation of the dentinal tubules, and the anatomical density at different levels of the root canal [15,16].

Among them, previous studies have investigated various methods using chemical and mechanical surface treatments to improve the interfacial bond strength between posts and resin cements. These methods may be divided into three categories: Mechanical treatment such as silica coating, airborne-particle abrasion, and acid etching; chemical methods, such as silanization and/or adhesive application; and treatments that combine both a micromechanical and a chemical component [17].

As a method for obtaining micro-mechanical interlocking between the resin cement and FRCP, airborne-particle abrasion or acid etching have been investigated for their effect on bond strength [11,18]. Micromechanical surface treatments have been shown to improve the bond strength between composite resin core materials and FRCP, in general [14]. However, it has also been reported that the application of hydrofluoric acid affects the integrity of the fiber post because it caused microcracks, discontinuities, and fractures in the fiber layer without improving the shear bond strength between the composite resin and the fiber post [16,17]. The retention of posts luted with resin cement may be more adversely affected by the chemically treated dentinal walls of the endodontic treated canal [19].

Chemical bonding between the resin cement and FRCP has also been studied; typically, this has been in the form of silanization. Silane coupling agents have an organic functional group that allows covalent bonds to form between the resin cement and the quartz fibers of the post, which contributes to increase the bond strength between ceramics and resin composite materials [8]. While some reports showed that silanization improved the microtensile bond strength between resin cement and FRCPs, there was no significant difference in the bond strength between silane-treated posts and untreated posts in other studies [20,21]. As for the post surface treatment methods, investigations into the efficiency of silanization for improving bond strength have reported conflicting results.

Meanwhile, a self-etching ceramic primer (Monobond Etch & prime, Ivoclar Vivadent) as a single-component ceramic primer, has been introduced to the market, as an alternative to hydrofluoric acid etching/silane coupling agent routine treatment. This product integrates the etching and silane priming treatments in a single step. It has been shown to shorten the treatment time of the clinical

steps by etching and silanating glass-ceramic surfaces in one working step. This self-etching ceramic primer significantly reduces the processing time of all ceramic materials compared to the conventional procedures without the loss of bond strength. Furthermore, the technique sensitivity or inaccuracy of the pre-treatment of glass-ceramic restorations compared with conventional conditioning is reduced. This self-etching ceramic primer contains 15% to 25% ammonium poly fluoride as a conditioning agent to etch the ceramic surface. This acidic component would be responsible for the partial dissolution of the glassy phase of the ceramic, thus a superficial etching pattern was obtained compared with conventional hydrofluoric acid (HF) processing. In spite of the less-pronounced etching pattern, the mean values of the bonding strength were not statistically significantly different from that obtained with conventional HF etching. This is because the ammonium poly fluoride ions induce the formation of reactive silanol groups. Self-etching ceramic primer is a combination of ammonium poly fluoride and trimethoxysilylpropyl methacrylate (methacrylate silane), responsible for helping the chemical adhesion. Rinsing ceramics removes polyfluoride and thus the silanol groups are no longer stabilized. This leads to a highly efficient functionalization process that offsets the less pronounced etching patterns. Both micromechanical interlocking and chemical bonding ensure a bond strength similar to conventional processing [22].

This self-etching ceramic primer can be used with all methacrylate-based luting composites and all glass ceramics. The self-etching ceramic primer showed significantly higher shear bonding strength (SBS) values with polymer-infiltrated-ceramic network blocks, which suggests that it can be used as a primer for bonding polymerized resin materials [23]. However, it has not been sufficiently reported whether this simplified silanization can be applied to FRCPs and their long-term stability.

The objective of this study was to evaluate the push-out bond strength and failure modes of differently treated FRCPs and to compare the effects of acid etching, silanization, and especially, the self-etching ceramic primer.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Specimen Preparation

Forty human mandibular premolars that had been extracted for periodontal disease were stored at 4 °C in 0.1% thymol solution (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) to keep the surface wet for less than 2 months. Only those premolars with single root and a single canal of vital pulp were selected for this study. Roots with distinctly oval canals were excluded from the study.

Forty teeth were endodontically treated and then FRCPs (D.T. Light-post #2, Bisco) were subjected to different surface treatments and adhesively luted in the post spaces. The root canal length was standardized by sectioning the teeth below the cement enamel junction to a length of 14 mm. These canals were prepared using ProFile Ni-Ti rotary instruments (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) with 06 taper up to #40 size. They were irrigated during endodontic treatment with 5.25% sodium hypochlorite. After canal enlargement and shaping, the canals were obturated with gutta-percha and a resin-based sealer (AH plus; Dentsply Sirona) using a continuous wave compaction technique. Subsequently, the access cavity was sealed with modeling wax (Henry Schein) and the roots were stored in 0.1% thymol solution at 36 °C for at least 72 h.

### 2.2. FRCP Cementation Procedure

Gates-Glidden burs (Dentsply Maillefer) were used to remove 10 mm of gutta-percha from the root canals. The post space was then prepared using a green-colored LuxaPost preparation drill with a diameter of 1.5 mm. The post spaces were irrigated with a 5.25% sodium hypochlorite solution, rinsed with distilled water, and dried with paper points. The mixed Multilink Primer A/B was applied onto the dentinal canal surface using a microbrush and scrubbed in for 30 s.

Forty FRCP posts were divided into 4 groups (n = 10) according to the surface treatment used for each group. In group 1, dentin adhesive bonding agent (One step, Bisco) was applied on the surface of

the post. Thereafter, the post was dried gently. For group 2, prior to bonding adhesion, the post surface was silanized using a silane coupling agent (Bis-silane, Bisco). The silanized post was then dried at room temperature (21 °C) for 60 s from a distance of 30 cm using an air-syringe. In group 3, prior to silanization, the post surface was etched with 5% hydrofluoric acid (IPS ceramic etching gel, Ivoclar Vivadent) for 60 s and rinsed with water spray. Acid etching and drying were followed by silanization and adhesive bonding. For group 4, self-etching glass-ceramic primer (Monobond Etch & Prime, Ivoclar Vivadent) was responsible for acid etching and silanization. The self-etching ceramic primer was applied to the post surface using a microbrush, rubbed into the surface for 20 s, and left for 40 s without agitating. It was rinsed off from the surface with a water spray and dried with compressed air.

As previously mentioned, after the surface treatment of each group, resin cement (Multilink N, Ivoclar Vivadent) was used for cementation of the FRCP posts. Multilink N was injected into the post space, after which an FRCP post was inserted and light-polymerized at a distance of 2 mm for 40 s at 1000 mW/cm<sup>2</sup> (VALO light irradiator; Ultradent Products Inc, South Jordan, USA).

### 2.3. Artificial Aging Procedure

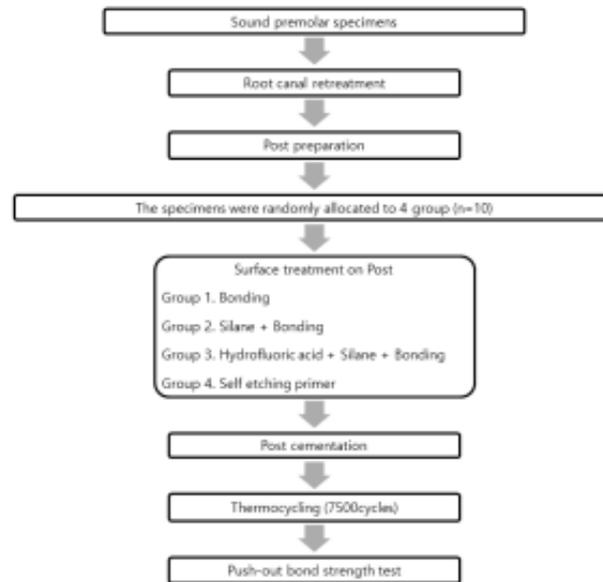
After post cementation, the coronary part of the exposed dentin and post were completely covered with glass ionomer cement (Fuji IX, GC corp). For artificial aging, all specimens were stored in distilled water at 37 °C for 30 days, then thermal cycled for 7500 cycles (5 °C/55 °C) with a dwell time of 30 s and a transition time of 6 s.

### 2.4. SEM Analysis

The surfaces of the specimens were analyzed by scanning electron microscopy (JSEM-820, JEOL, Tokyo, Japan). The specimens of all groups were mounted after carbon adhesive application and coated with gold palladium. Representative images were obtained from each group at 100 X and 500 X magnification.

### 2.5. Push-Out Bond Strength Evaluation

The specimens were sectioned horizontally into 1 mm thick slices by using a low-speed diamond saw (Met-Saw; R&B Co Ltd.) Each coronal and apical part was analyzed to evaluate the push-out bond strength. The push-out bond strength was tested by a universal testing machine (EZ-S; Shimadzu Scientific Instruments, Kyoto, Japan). The test was performed by directing the load from the apical to the coronal direction at a cross-head of 0.5 mm/s until bond failure occurred. The bonding force value (N) of each section was divided by post-dentin surface area to calculate the push-out bond strength value (MPa). The method of calculating the bond surface area has been described in previous studies [24,25]. A schematic flow of the entire process is shown in Figure 1.



**Figure 1.** A schematic flow chart of specimen treatment.

## 2.6. Microscopic Evaluation

After the push-out bond strength test, the failure mode of each debonded specimen was analyzed by two independent operators using an optical microscope (OPMI Pico; Carl Zeiss AG, Jena, Germany). The failure modes were divided into 5 criteria [26]: Adhesive failure between dentin and luting cement; adhesive failure between luting cement and post; cohesive failure within luting cement; cohesive failure within the post; and mixed failure. Additionally, scanning electron microscope images were obtained from the impression of the specimens.

## 2.7. Statistical Analysis

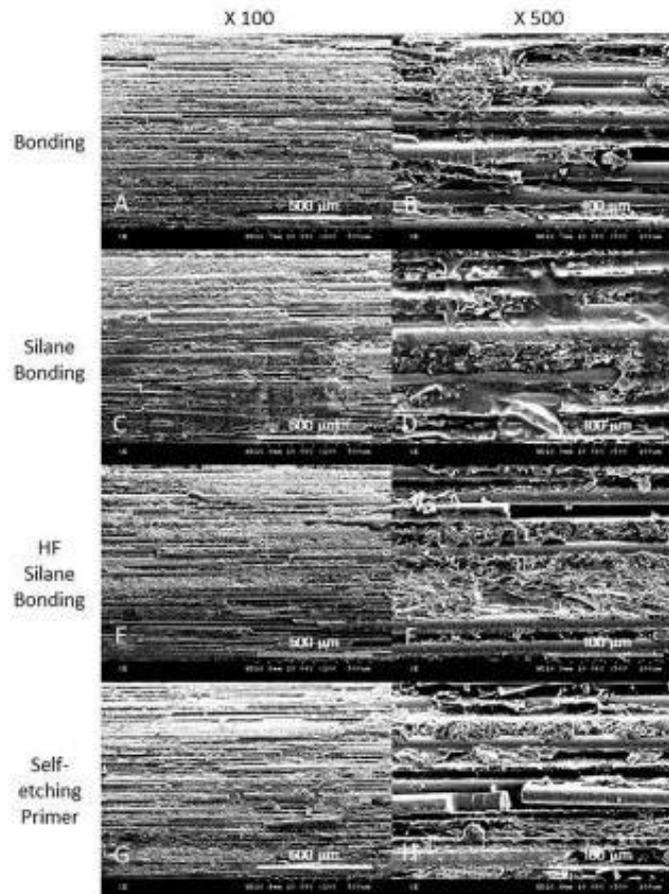
The debonding force and the push-out data were first verified using the Shapiro-Wilk test for normality of data distribution and by Levene's test for the homogeneity of variances. They were compared with a two-way analysis of variance with post treatment (group) and location (coronal versus apical portion), followed by the Tukey Honestly Significant Difference (HSD) test for post-hoc analysis at  $\alpha = 0.05$ . Failure modes were analyzed using Fisher's exact test ( $\alpha = 0.05$ ). All statistical analyses were conducted using software (SAS v9.2; SAS Inc, Chicago, IL, USA).

## 3. Results

Figure 2 shows representative surface morphologies of all groups. At high resolution (x500 magnification), group 1 (dentin bonding) showed that irregular and superficial coating materials were attached on the post matrix embedded into fibers. The SEM of group 2 (silane + dentin bonding) showed more invasive bonding material into the post fiber and matrix. The SEM of group 3 and 4 revealed rough coating surfaces, the discontinuity of the fibers and the irregular destruction of the matrix component.

As shown in Tables 1 and 2, the two-way ANOVA showed independent significant effects of the surface treatment of the post and the location of the post. There was no significant interaction between the surface treatment and the location of the post in both the debonding force and the push-out bond strength.

Table 3 presents the means and standard deviations of the debonding force (N) and the push-out bond strength values (MPa) achieved upon dislodging the posts from the two regions (coronal/apical) in each post surface treatment group. The self-etching glass-ceramic primer and dentin bonding groups attained lower bonding strengths than the HF and silane treated group or the silane-treated group ( $p < 0.05$  Table 3). Specimens from all groups exhibited significant differences between the coronal and the apical parts ( $p < 0.05$ , Table 3).



**Figure 2.** SEM image of the surface of all groups: A and B, dentin bonding group 1; C and D, group 2, silane + dentin bonding treated group; E and F, group 3, HF + silane + dentin bonding treated group; G and H, group 4, self-etching primer treated group.

Post surface treatment was a significant factor for debonding force and push-out strength. Mean values with the same alphabetic letter (A or B) were not statistically different ( $p > 0.05$ ).

Post location was also a significant factor for debonding force and push-out strength ( $p < 0.05$ , different symbols ( $\epsilon$  and  $\xi$ ) mean statistical significance).

DB, adhesive dentin bonding; HF, Hydrofluoric acid.

Data presented as n (%). Fracture mode: 1, adhesive failure between the luting material and post; 2, adhesive failure between luting material and dentin; 3, cohesive failure of fiber-reinforced composite

post (FRCP); 4, cohesive failure of luting material; 5, mixed type fracture. DB, adhesive dentin bonding; HF, Hydrofluoric acid.

**Table 1.** Results of a two-way ANOVA with post surface treatment and post location as the independent variables and debonding force as the dependent variable.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected model	223.012 <sup>a</sup>	7	31.859	3.466	0.003
Intercept	26844.479	1	26844.479	2920.553	0.000
Post surface treatment	146.003	3	48.668	5.295	0.002 <sup>*</sup>
Post location	43.086	1	43.086	4.688	0.034 <sup>*</sup>
Treatment * location	33.923	3	11.308	1.230	0.305
Error	661.793	72	9.192		
Total	27729.284	80			
Corrected total	884.805	79			

a. R Squared = 0.252 (Adjusted R Squared = 0.179).

**Table 2.** Results of a two-way ANOVA with post surface treatment and post location as the independent variables and push-out strength as the dependent variable.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected model	27.985 <sup>a</sup>	7	3.998	29.206	0.000
Intercept	413.890	1	413.890	3023.646	0.000
Post surface treatment	1.967	3	0.656	4.790	0.004 <sup>*</sup>
Post location	25.673	1	25.673	187.552	0.000 <sup>*</sup>
Treatment * location	0.345	3	0.115	0.840	0.476
Error	9.856	72	0.137		
Total	451.731	80			
Corrected total	37.841	79			

a. R Squared = 0.740 (Adjusted R Squared = 0.714).

**Table 3.** Mean value and standard deviation (SD) of debonding force and push-out strength.

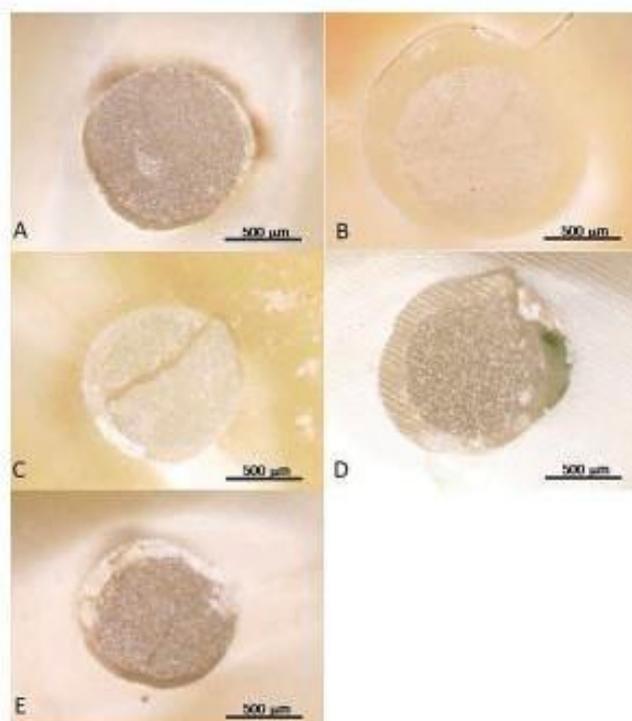
Post Surface	Variable	Debonding Force (N)		Push-out Strength (MPa)		Significance
		Mean	SD	Mean	SD	
Group 1 (DB)	Apical	16.85	±2.19	2.72	±0.35	A
	Coronal	16.14	±3.54	1.44	±0.31	
	Total	16.49	±2.89	2.08	±0.73	
Group 2 (silane+DB)	Apical	18.82	±2.09	3.04	±0.33	B
	Coronal	20.58	±3.69	1.84	±0.33	
	Total	19.70	±3.06	2.44	±0.69	
Group 3 (HF+silane+DB)	Apical	18.47	±2.68	2.98	±0.43	B
	Coronal	20.58	±2.42	1.84	±0.21	
	Total	19.52	±2.71	2.41	±0.67	
Group 4 (self-etching primer)	Apical	16.19	±3.39	2.61	±0.54	A
	Coronal	18.90	±3.67	1.69	±0.32	
	Total	17.54	±3.71	2.15	±0.64	
Total	Apical	17.58	±2.77	2.84	±0.44	ε
	Coronal	19.05	±3.72	1.70	±0.33	§

The fracture modes of the specimens are shown in Table 4 and Figure 3. In most of the experimental groups, the cohesive failure of luting materials was the most frequently occurring failure mode (n = 31), followed by mixed type fracture (n = 24 in all groups, especially 30% of the HF and silane-treated

group) and adhesive failure between the luting material and dentin ( $n = 17$ ). Cohesive failure of FRCP showed the lowest incidence ( $n = 2$ ).

**Table 4.** Distribution of failure modes according to the experimental groups (%).

Variable		Failure Mode					Total
Post Surface	Location	1	2	3	4	5	
Group 1 (DB)	Apical	2 (20)	2 (20)		4 (40)	2 (20)	10 (100)
	Coronal	1 (10)	2 (20)		5 (50)	2 (20)	10 (100)
	Total	3 (15)	4 (20)		9 (45)	4 (20)	20 (100)
Group 2 (silane+DB)	Apical	1 (10)	2 (20)		4 (40)	3 (30)	10 (100)
	Coronal		2 (20)	1 (10)	5 (50)	2 (20)	10 (100)
	Total	1 (5)	4 (20)	1 (5)	9 (45)	5 (25)	20 (100)
Group 3 (HF+silane+DB)	Apical		4 (40)	1 (10)	3 (30)	2 (20)	10 (100)
	Coronal	1 (10)	2 (20)		2 (20)	5 (50)	10 (100)
	Total	1 (5)	6 (30)	1 (5)	5 (25)	7 (35)	20 (100)
Group 4 (self-etching primer)	Apical	1 (10)	2 (20)		3 (30)	4 (40)	10 (100)
	Coronal		1 (10)		5 (50)	4 (40)	10 (100)
	Total	1 (5)	3 (15)		8 (40)	8 (40)	20 (100)
All group	Apical	4 (10)	10 (25)	1 (2.5)	14 (35)	11(27.5)	40 (100)
	Coronal	2 (5)	7 (17.5)	1 (2.5)	17 (42.5)	13(32.5)	40 (100)
	Total	6 (7.5)	17(21.25)	2 (2.5)	31(38.75)	24 (30)	80 (100)



**Figure 3.** Microscopic views of failed specimens: (A) adhesive failure between the luting material and post; (B) adhesive failure between luting material and dentin; (C) cohesive failure of FRCP; (D) cohesive failure of luting material; (E) mixed type fracture.

#### 4. Discussion

In the present study, the push-out bond strength with the resin cement was higher for FRCPs in the independent silanization groups than for other groups. This result is in accordance with those of previous studies showing a significant increase in bond strength after the silanization of FRCP [21,27], although other studies showed no significant improvement from silanization [18,20].

The D.T. Light Post is composed of quartz fibers (60%) and an epoxy resin matrix (40%) [28]. While the quartz fibers have hydroxyl groups to react with a silane coupling agent, the matrix of the D.T. Light Post, the epoxy resin does not have these functional groups [27]. The composition of this matrix leads to controversy regarding the efficacy of silanization, as some previous studies have argued that amino-silane coupling agents do not bond well with an epoxy resin of FRCP [29]. However, in this study, the group with silane and an adhesive bonding agent showed significantly better push-out strength than the group with only adhesive bonding agent, which is explained by silane bonding with the quartz fiber rather than the epoxy resin matrix on the post surface. The bond strength after silanization depends on the substrate. Typically, quartz showed the strongest adhesion forces with resin matrix after silanization because of siloxane (-Si-O-Si-) linkages between the hydroxyl groups on the surface of substrate and silanol (-Si-OH) condensation. This is in contrast to the weak adhesion of -Si-O-M- linkages formed from silanol and pure metals or metal alloys which lack hydroxyl groups [30].

Some previous studies have confirmed the benefit of silane by microtensile bond strength testing for translucent fiber posts and dual-polymerizing composite resin core materials [31]. Silane has two functional end groups with different polarities. While the alkoxy group of silanol unit chemically binds with the inorganic silicized surface, the methacrylate group polymerizes with the composite resin monomers. The reaction between the organic functional groups of silane (with a C=C bond) and functional groups of the resin monomer (with a C=C bond) is induced by the reactive free radicals generated by photo-activation of initiator components in the resin matrix. Reaction of these free radicals between resin monomers and silane molecules forms a new C-C sigma bond [32]. Since the silane chemically bridges the resin and the OH-covered inorganic substrates [33], it is possible to bond only between the resin luting material and the exposed fibers of FRCP. Some previous studies have explained that sand blasting could remove the surface layer of FRCP, allowing more fibers to react with silane molecules, which can affect the increase in bond strength [21]. However, this study did not include surface alterations of the post by sandblasting treatment according to the manufacturer's instructions and obtained a better bonding result by silanization alone. Another possible explanation for the beneficial effect of silane application is the improved surface wettability [34]. Once a firm contact is made between the interfacing materials, Van der Waals' force is effective. This provides a physical bond to activate chemical reactions. In SEM images after post surface treatment, we found that the bonding material was well penetrated into and wrapped evenly on the surface of group 2, the silane and dentin bonding-treated group, compared to group 1 with only dentin bonding without silanization. Therefore, this study of the effects on the silanization of the post surface supports previously published investigations showing the enhanced bond strength of luting materials to the post surface [35].

Alternatively, applying only the adhesive bonding agent to the post surface exhibited significantly lower push-out bond strength in this study. In the case of bonding composite resin luting cement to FRCPs of a cross-linked nature, the surface of the post is well polymerized and little, if any, reactivity is left for free radical polymerization bonding; therefore, no actual chemical bonding is taking place without silanization. In a previous study, when the FRCP with a semi-interpenetrating polymer network polymer matrix was bonded with composite resin luting cement, the interdiffusion bonding could take place by the adhesive bonding agent alone [36]. The authors explained that the linear phase in that material, which was polymethylmethacrylate (PMMA), could be dissolved if a suitable adhesive resin was added on the surface of the post. Therefore, they showed that there were no adhesive failures with the FRCPs, suggesting a better interfacial adhesion of cement to FRCPs by the adhesive bonding agent [36]. In our study, we did not know if BisGMA-based adhesive resin was capable of the dissolving epoxy resin matrix on the post surface and whether this is better than no treatment. We only

found that adhesive failure between the post and luting material was observed more frequently in the adhesive alone group (15%) than in the other silanization groups (5%). In SEM images of the adhesive dentin bonding group, the bonding material was flaked off and found mostly floating on the surface, unlike the silane combined group. More research is needed with more specimens available.

The option of combining chemical and micromechanical surface treatments to improve post retention is known to provide the most promising adhesion-enhancing mechanism [37]. In previous studies, the effects of mechanical surface treatment techniques, such as airborne-particle abrasion, on the bond strength between fiber posts and luting agents were evaluated and were found to be more effective in increasing the bond strength than chemical techniques such as etching with hydrofluoric acid [29]. The manufacturer of the D.T. Light-post did not recommend additional mechanical surface treatment such as sandblasting; we investigated the effect of the HF acid treatment instead of sandblasting. Our results showed no significant bonding strength improvement, which supports the previous investigations into the HF effect. Previous research into the effect of HF acid showed that the application of HF acid not only did not improve the shear bond strength between composite resins and fiber post, but rather caused microcracks and longitudinal fractures within the fiber layer and affected the integrity of the post [17,29,38]. In fact, SEM images of the HF-treated group showed the breakage of fibers and breakdown of resin matrix. However, subsequent silanization and adhesive bonding application could help with luting material penetration and adhesion and might compensate for structural deformation resulting in weakening bonding strength. In the failing fracture mode of this study, there was no significant difference between the HF-treated group and the other groups.

The self-etching ceramic primer is manufactured to combine etching and silane application step, which helps significantly to shorten the process of conditioning glass ceramic restoration in one step. It is known to be applicable to all methacrylate-based composites and all glass ceramics. In this study, its simplified silanization showed a significantly lower mean push-out strength than independent silane application groups. As a mixture of a ceramic conditioner and a silane coupling agent in one liquid, a simplified single step application followed by a rinse-out process ensures mechanical and chemical surface treatment. Even in a single process, the ceramic conditioning components should be completely removed in order for the silane coupling agent to form strong chemical bonds. However, during the actual application process with the self-etching ceramic primer, the stained (green) components remaining between the fibers were not easily washed away. Residual ceramic conditioning components may be the cause of low bond strength. Unlike glass ceramic restorations, which are the main indication of this product, residual conditioning components in this FRCP seem to interfere with subsequent silanization and adhesion processes. Their SEM image showed the most structural breakdown of fibers and resin matrix of post and less attachment to the bonding material (ceramic primer). Our investigation suggests that a simplified ceramic etching primer is not recommended for the FRCP surface treatment.

The results of the present study showed that the debonding force in the coronal area is significantly higher than that of the apical area, but in terms of the bond strength per area, the apical area is significantly higher than the coronal area. This result for bond strength is inconsistent with the results of previous studies using a light-curing luting cement [15,35,39]. Multilink N, which was used in this study, is a self-curing luting material with light-curing option for the adhesive luting of FRCP. Unlike light curing luting resin cement, self-curing luting cement may not have the inherent difficulties in moisture control and insufficient light activation of the apical portion, which lead to low bond strength in that portion [40].

When evaluating the post retention failure pattern as a result of the experimental method involving the artificial aging process, it is necessary to consider the expansion of the luting material by water absorption and thermal cycling. Previous studies showed that the microscopic examination of all debonded post surfaces and the root canal dentin wall did not show visible any dye penetration; but water molecules could still infiltrate into the FRCP and luting material by diffusion [41–43]. The increased water temperature and thermal cycling may have enhanced water diffusion, subsequent hygroscopic

expansion, and the significant increase of post retention [44,45]. The luting material expansion consequently caused compressive stresses against the post and dentin surface; the volumetric expansion of composite resin cement attained a value of 1.1% in one study [44]. This hygroscopic expansion may compensate for polymerization shrinkage at different C-factors within the post space depending on the location, but is insufficient [44,45]. Over time, water adsorption would have a deleterious effect on the structure and properties of composite resins [44]. When comparing the push-out strength difference and the fracture patterns according to the post position, the result of the volumetric change by artificial aging mentioned above should also be considered. Meanwhile, previous studies regarding the thermal aging of reinforced thermoset matrix composites frequently revealed a physicochemical degradation of the resin matrix and the loss of adhesion in the matrix /fiber interface [46,47]. These changes could have resulted in lower bond strength and a higher frequency of the cohesive and mixed failure of the luting material in all groups, unlike previous studies without artificial aging [26,40].

The limitation of this study is that the dimensions used to calculate the push-out bond strength were not derived directly from the specimens, but from the post-drill dimension. The post interfacial area of the dentin may actually be larger due to variations in root canal morphology. Moreover, centering using the insertion guide devices should have maintained uniform cement thickness in all specimens, but did not do so. The application of various FRCPs and luting cements should also be considered. This study also lacks scientific proof and interpretation about surface and interfacial changes after the silane process. More research is required on surface chemistry properties to determine the relationship between surface treatment of FRCP and bond strength after cementation.

## 5. Conclusions

Based on the findings of this study, the following conclusions were drawn:

1. The silanization of the surface of FRCP before cementation with resin luting cement significantly improved push-out bond strength.
2. Mechanical treatment with hydrofluoric acid prior to the silanization or application of adhesive bonding agent alone to the FRCP surfaces did not significantly improve retention.
3. The self-etching ceramic primer did not significantly improve push-out bond strength.
4. Cohesive failure of luting material was found most frequently in all groups.
5. A significant difference was found in terms of the mean push-out bond strength between the coronal and apical areas.

**Author Contributions:** N.-S.P. performed data curation, formal analysis and contributed in writing original Draft; B.-Y.J. contributed in supervision and validation. B.-D.R. contributed in project administration and supervision; Y.S. performed conceptualization, funding acquisition, and resources.

**Funding:** This study was supported by a faculty research grant of Yonsei university new faculty research fund (6-2018-0025).

**Acknowledgments:** This study was performed by a donation of self-etching ceramic primer of Ivoclar Vivadent.

**Conflicts of Interest:** The authors of this paper certify that they have no proprietary, financial, or other personal interest of this study.

## References

1. Schwartz, R.S.; Robbins, J.W. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A literature review. *J. Endod.* **2004**, *30*, 289–301. [[CrossRef](#)]
2. Duret, B.; Reynaud, M.; Duret, F. New concept of coronoradicular reconstruction: The Composipost (1). *Chir. Dent. Fr.* **1990**, *60*, 131–141.
3. Asmussen, E.; Peutzfeldt, A.; Heitmann, T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J. Dent.* **1999**, *27*, 275–278. [[CrossRef](#)]

4. Barjau-Escribano, A.; Sancho-Bru, J.L.; Forner-Navarro, L.; Rodriguez-Cervantes, P.J.; Perez-Gonzalez, A.; Sanchez-Marin, F.T. Influence of prefabricated post material on restored teeth: Fracture strength and stress distribution. *Oper. Dent.* **2006**, *31*, 47–54. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Ferrari, M.; Vichi, A.; Garcia-Godoy, F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am. J. Dent.* **2000**, *13*, 15B–18B. [[PubMed](#)]
6. Tay, F.R.; Pashley, D.H. Monoblocks in root canals: A hypothetical or a tangible goal. *J. Endod.* **2007**, *33*, 391–398. [[CrossRef](#)]
7. Lassila, L.V.; Tanner, J.; Le Bell, A.M.; Narva, K.; Vallittu, P.K. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* **2004**, *20*, 29–36. [[CrossRef](#)]
8. Mallmann, A.; Jacques, L.B.; Valandro, L.F.; Muench, A. Microtensile bond strength of photoactivated and autopolymerized adhesive systems to root dentin using translucent and opaque fiber-reinforced composite posts. *J. Prosthet. Dent.* **2007**, *97*, 165–172. [[CrossRef](#)]
9. Bachicha, W.S.; DiFiore, P.M.; Miller, D.A.; Lautenschlager, E.P.; Pashley, D.H. Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J. Endod.* **1998**, *24*, 703–708. [[CrossRef](#)]
10. Monticelli, F.; Grandini, S.; Goracci, C.; Ferrari, M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: A 2-year prospective study. *Int. J. Prosthodont.* **2003**, *16*, 593–596.
11. Balbosh, A.; Kern, M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J. Prosthet. Dent.* **2006**, *95*, 218–223. [[CrossRef](#)]
12. Le Bell, A.M.; Tanner, J.; Lassila, L.V.; Kangasniemi, I.; Vallittu, P. Bonding of composite resin luting cement to fiber-reinforced composite root canal posts. *J. Adhes. Dent.* **2004**, *6*, 319–325.
13. Bitter, K.; Meyer-Lueckel, H.; Friehn, K.; Kanjuparambil, J.P.; Neumann, K.; Kielbassa, A.M. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int. Endod. J.* **2006**, *39*, 809–818. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Sahafi, A.; Peutzfeld, A.; Asmussen, E.; Gotfredsen, K. Effect of surface treatment of prefabricated posts on bonding of resin cement. *Oper. Dent.* **2004**, *29*, 60–68. [[PubMed](#)]
15. Bouillaguet, S.; Troesch, S.; Wataha, J.C.; Krejci, I.; Meyer, J.M.; Pashley, D.H. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* **2003**, *19*, 199–205. [[CrossRef](#)]
16. Vano, M.; Cury, A.H.; Goracci, C.; Chieffi, N.; Gabriele, M.; Tay, F.R.; Ferrari, M. The effect of immediate versus delayed cementation on the retention of different types of fiber post in canals obturated using a eugenol sealer. *J. Endod.* **2006**, *32*, 882–885. [[CrossRef](#)]
17. Monticelli, F.; Ferrari, M.; Toledano, M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. *Med. Oral Patol. Oral Y Cir. Bucal* **2008**, *13*, E214–E221.
18. Choi, Y.; Pae, A.; Park, E.J.; Wright, R.F. The effect of surface treatment of fiber-reinforced posts on adhesion of a resin-based luting agent. *J. Prosthet. Dent.* **2010**, *103*, 362–368. [[CrossRef](#)]
19. Varela, S.G.; Rabade, L.B.; Lombardero, P.R.; Sixto, J.M.; Bahillo, J.D.; Park, S.A. In vitro study of endodontic post cementation protocols that use resin cements. *J. Prosthet. Dent.* **2003**, *89*, 146–153. [[CrossRef](#)]
20. Perdigo, J.; Gomes, G.; Lee, I.K. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* **2006**, *22*, 752–758. [[CrossRef](#)]
21. Goracci, C.; Raffaelli, O.; Monticelli, F.; Balleri, B.; Bertelli, E.; Ferrari, M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: Microtensile bond strength with and without post-silanization. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* **2005**, *21*, 437–444. [[CrossRef](#)]
22. Tian, T.; Tsoi, J.K.; Matinlinna, J.P.; Burrow, M.F. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dent. Mater.* **2014**, *30*, e147–e162. [[CrossRef](#)]
23. El-Damanhoury, H.M.; Gaintantzopoulou, M.D. Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *J. Prosthodont. Res.* **2018**, *62*, 75–83. [[CrossRef](#)]
24. Pereira, J.R.; Lins do Valle, A.; Ghizoni, J.S.; Lorenzoni, F.C.; Ramos, M.B.; Dos Reis So, M.V. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. *J. Prosthet. Dent.* **2013**, *110*, 134–140. [[CrossRef](#)]
25. Sadek, F.T.; Goracci, C.; Monticelli, F.; Grandini, S.; Cury, A.H.; Tay, F.; Ferrari, M. Immediate and 24-hour evaluation of the interfacial strengths of fiber posts. *J. Endod.* **2006**, *32*, 1174–1177. [[CrossRef](#)]
26. Mumcu, E.; Erdemir, U.; Topcu, F.T. Comparison of micro push-out bond strengths of two fiber posts luted using simplified adhesive approaches. *Dent. Mater. J.* **2010**, *29*, 286–296. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Kim, H.D.; Lee, J.H.; Ahn, K.M.; Kim, H.S.; Cha, H.S. Effect of silane activation on shear bond strength of fiber-reinforced composite post to resin cement. *J. Adv. Prosthodont.* **2013**, *5*, 104–109. [[CrossRef](#)]

28. Goracci, C.; Ferrari, M. Current perspectives on post systems: A literature review. *Aust. Dent. J.* **2011**, *56* (Suppl. 1), 77–83. [[CrossRef](#)]
29. Sahafi, A.; Peutzfeldt, A.; Asmussen, E.; Gotfredsen, K. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. *J. Adhes. Dent.* **2003**, *5*, 153–162. [[PubMed](#)]
30. Lung, C.Y.K.; Matinlinna, J.P. Silanes for adhesion promotion and surface modification. In *Silane: Chemistry, Applications and Performance*; Moriguchi, K., Utagawa, S., Eds.; Nova Science Publishers: New York, NY, USA, 2013; pp. 87–109.
31. Aksornmuang, J.; Foxton, R.M.; Nakajima, M.; Tagami, J. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J. Dent.* **2004**, *32*, 443–450. [[CrossRef](#)]
32. Lung, C.Y.K.; Matinlinna, J.P. Resin bonding to silicized zirconia with two isocyanatosilanes and a cross-linking silanes. Part II: mechanistic approach. *Silicon* **2010**, *2*, 163–169. [[CrossRef](#)]
33. Pape, P.G.; Plueddemann, E.P. Methods for improving the performance of silane coupling agents. *J. Adhes. Sci. Technol.* **1991**, *5*, 831–842. [[CrossRef](#)]
34. Park, S.J.; Jin, J.S. Effect of silane coupling agent on interphase and performance of glass fibers/unsaturated polyester composites. *J. Colloid Interface Sci.* **2001**, *242*, 174–179. [[CrossRef](#)]
35. Goracci, C.; Tavares, A.U.; Fabianelli, A.; Monticelli, F.; Raffaelli, O.; Cardoso, P.C.; Tay, F.; Ferrari, M. The adhesion between fiber posts and root canal walls: Comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur. J. Oral Sci.* **2004**, *112*, 353–361. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Bell, A.M.; Lassila, L.V.; Kangasniemi, I.; Vallittu, P.K. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. *J. Dent.* **2005**, *33*, 533–539. [[CrossRef](#)]
37. Goracci, C.; Fabianelli, A.; Sadek, F.T.; Papacchini, F.; Tay, F.R.; Ferrari, M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J. Endod.* **2005**, *31*, 608–612. [[CrossRef](#)]
38. Vano, M.; Goracci, C.; Monticelli, F.; Tognini, F.; Gabriele, M.; Tay, F.R.; Ferrari, M. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: The evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int. Endod. J.* **2006**, *39*, 31–39. [[CrossRef](#)]
39. Pereira, J.R.; Rosa, R.A.; So, M.V.; Afonso, D.; Kuga, M.C.; Honorio, H.M.; Valle, A.L.; Vidotti, H.A. Push-out bond strength of fiber posts to root dentin using glass ionomer and resin modified glass ionomer cements. *J. Appl. Oral Sci. Rev. FOB* **2014**, *22*, 390–396. [[CrossRef](#)]
40. Park, J.S.; Lee, J.S.; Park, J.W.; Chung, W.G.; Choi, E.H.; Lee, Y. Comparison of push-out bond strength of fiber-reinforced composite resin posts according to cement thickness. *J. Prosthet. Dent.* **2017**, *118*, 372–378. [[CrossRef](#)]
41. Ferrari, M.; Vichi, A.; Grandini, S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: An SEM investigation. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* **2001**, *17*, 422–429. [[CrossRef](#)]
42. Vichi, A.; Vano, M.; Ferrari, M. The effect of different storage conditions and duration on the fracture strength of three types of translucent fiber posts. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* **2008**, *24*, 832–838. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Chai, J.; Takahashi, Y.; Hisama, K.; Shimizu, H. Water sorption and dimensional stability of three glass fiber-reinforced composites. *Int. J. Prosthodont.* **2004**, *17*, 195–199.
44. Ferracane, J.L. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent. Mater. Off. Publ. Acad. Dent. Mater.* **2006**, *22*, 211–222. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Martin, N.; Jedyakiewicz, N. Measurement of water sorption in dental composites. *Biomaterials* **1998**, *19*, 77–83. [[CrossRef](#)]
46. García-Moreno, I.; Caminero, M.Á.; Rodríguez, G.P.; López-Cela, J.J. Effect of thermal ageing on the impact and flexural damage behaviour of carbon fibre-reinforced epoxy laminates. *Polymers* **2019**, *11*, 80. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. García-Moreno, I.; Caminero, M. Á.; Rodríguez, G.P.; López-Cela, J.J. Effect of thermal ageing on the impact damage resistance and tolerance of carbon fibre-reinforced epoxy laminates. *Polymers* **2019**, *11*, 160. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

