



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

ESTUDIO IN VITRO DE LA  
RESISTENCIA Y TIPO DE FRACTURA  
DE INCISIVOS CENTRALES  
SUPERIORES RESTAURADOS CON  
POSTES ANATOMIZADOS  
PREFABRICADOS EN FIBRA DE  
VIDRIO Y FABRICADOS CON TÉCNICA  
CAD/CAM

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN  
REHABILITACIÓN ORAL

YASMIDALLY BORDA LUNA

LIMA-PERÚ  
2023



**ASESOR/A**

Mg. Pablo Chávez Alayo

**JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

MG. JANETT MAS LOPEZ

PRESIDENTE

MG. PABLO CESAR SANCHEZ BORJAS

VOCAL

MG. LILLIE ELIZABETH ABANTO SILVA

SECRETARIO

## **DEDICATORIA.**

A mi esposo Andretthy por su constante apoyo.

A Luciana por ser el motivo de mi vida.

A mis padres Antenor y Julia por enseñarme la perseverancia.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A mis asesor Mg. Esp. Pablo Chavez Alayo por su apoyo.

A mis docentes de la maestria por su guía y todos sus consejos.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO.**

Trabajo de investigación autofinanciado.

# ESTUDIO IN VITRO DE LA RESISTENCIA Y TIPO DE FRACTURA DE INCISIVOS CENTRALES SUPERIORES RESTAURADOS CON POSTES ANATOMIZADOS PREFABRICADOS EN FIBRA DE VIDRIO Y FABRICADOS CON TÉCNICA CAD/CAM

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

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

Fuente de Internet

5%

2

Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia

Trabajo del estudiante

1%

3

[upc.aws.openrepository.com](https://upc.aws.openrepository.com)

Fuente de Internet

1%

4

[documentop.com](https://documentop.com)

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Alfonso X el Sabio

Trabajo del estudiante

1%

6

[www.scielo.br](https://www.scielo.br)

Fuente de Internet

1%

7

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

Fuente de Internet

1%

Submitted to Universidad Científica del Sur

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN  
ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. DESARROLLO TEMÁTICO.....	2
II.1. DOCENCIA UNIVERSITARIA ESTOMATOLÓGICA.....	2
II.2. ANÁLISIS CRÍTICO DE LITERATURA ESTOMATOLÓGICA.....	8
II.3. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EN ESTOMATOLOGÍA.....	16
III. CONCLUSIONES.....	33
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
V. ANEXOS	

## RESUMEN

**Introducción:** Mediante el taller de portafolio pudimos obtener 3 productos que estuvieron estrechamente relacionados con nuestro artículo base de estudio; el cual tiene por finalidad encontrar la forma ideal de proporcionar resistencia a las piezas dentarias con altas probabilidades de presentar una fractura. **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 de la resistencia y tipo de fractura de incisivos centrales superiores restaurados con PFV anatomizados y PFV fabricados con técnica CAD/CAM”. **Conclusiones:** Del portafolio se puede concluir lo siguiente: Mediante la ejecución del sílabo el estudiante realizará las principales técnicas para la confección de PFV mediante el estudio de casos, conociendo y reconociendo las principales técnicas de rehabilitación de dientes tratados endodónticamente; El trabajo de análisis crítico de literatura estomatológica nos permitirá la evaluación de la calidad del artículo siguiendo parámetros con el fin de comprender en su totalidad el artículo estudiado reconociendo los errores del estudio, ya sea por sesgo o confusión; El trabajo de proyecto de investigación nos servirá para evaluar *In vitro* la resistencia y tipo de fractura de dientes incisivos centrales superiores restaurados con PFV anatomizados y PFV fabricados con técnica CAD/CAM”.

**Palabras clave:** Fibra de vidrio, Diseño asistido por computadora, Resistencia Flexional.

## ABSTRACT

**Introduction:** With the portfolio workshop we were able to obtain 3 products that were closely related to our study base article; Through the portfolio workshop we were able to obtain 3 products that were closely related to our base study article; which aims to find the ideal way to provide resistance to teeth with a high probability of presenting a fracture. **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 resistance and type of fracture of upper central incisors restored with prefabricated anatomical posts made of fiberglass and manufactured with the CAD/CAM technique."

**Conclusions:** From the portfolio the following can be concluded: Through the execution of the syllable the student will perform the main techniques for the manufacture of fiberglass posts (PFV) through case studies, knowing and recognizing the main rehabilitation techniques for treated teeth endodontically; The work of critical analysis of stomatological literature will allow us to evaluate the quality of the article following parameters in order to fully understand the article studied, recognizing the errors of the study, whether due to bias or confusion; The research project work will help us to evaluate in vitro the resistance and type of fracture of upper central incisor teeth restored with FDP anatomized and manufactured with the CAD/CAM technique."

**Keywords:** CAD/CAM, Glass fiber, Post-and-core, Flared root canal, Fracture resistance.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo de investigación se elaboraron 3 trabajos:

Trabajo de docencia universitaria estomatológica donde se elaboró un silabo en base a la Rehabilitación de dientes tratados endodónticamente con postes de fibra de vidrio (PFV), para que el estudiante pueda manejar las principales técnicas para la confección de PFV mediante el estudio de casos.

Análisis crítico de literatura del artículo “Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core”, publicado por Dental Materials Journal en el 2019.

Proyecto de Investigación “Estudio in vitro de la resistencia y tipo de fractura de incisivos centrales superiores restaurados con PFV anatomizados y PFV fabricados con técnica CAD/CAM”.

## II. DESARROLLO TEMÁTICO

### II.1. Docencia universitaria estomatológica

<b>FACULTADES DE MEDICINA, DE ESTOMATOLOGIA Y DE ENFERMERIA</b>
<b>FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA</b>
<b>UNIDAD DE POSGRADO Y ESPECIALIZACIÓN</b>
<b>EDUCACIÓN CONTINUA</b>

#### I. DATOS GENERALES

1.1.	Nombre del curso	:	Rehabilitación de dientes tratados endodónticamente con poste de fibra de vidrio
1.2.	Código	:	NR
1.3.	Dirigido a	:	Residentes de la Segunda Especialidad Profesional en Rehabilitación Oral
1.4.	Organizado por	:	Unidad de posgrado y especialización
1.5.	Semestre académico	:	2023-II
1.6.	Tipo de asignatura	:	Educación continua
1.7.	Prerrequisito	:	Ninguno
1.8.	Modalidad	:	Presencial
1.9.	Créditos	:	1.5 créditos Horas teóricas: 11 horas Horas prácticas: 26 horas
1.10.	Duración	:	Del 14 de agosto al 09 de octubre de 2023
1.11.	Coordinador	:	Esp. Yasmidally Borda Luna yasmidally.borda@upch.pe

#### II. RESULTADO DE APRENDIZAJE

Al culminar el curso el estudiante debe estar en la capacidad de:

Manejar las principales técnicas para la confección de PFV convencionales y semi- digitalizados, mediante el estudio de casos.

#### III. CONTENIDOS

Unidad 1: Postes de fibra de vidrio

Sesión 1: Rehabilitación de dientes tratados endodónticamente:  
Características mecánicas de dientes tratados endodónticamente  
Características biológicas de dientes tratados endodónticamente

Sesión 2: Poste de fibra de vidrio

Composición de los PFV.

Forma de los PFV.

Propiedades estéticas y mecánicas de los PFV.

Factores de riesgo para la longevidad de los PFV.

Sesión 3: Rehabilitación de un diente tratado endodónticamente mediante técnica directa.

- Consideraciones clínicas en la elaboración de PFV con técnica directa.
- Ventajas y desventajas de los PFV con técnica directa
- Análisis de Radiografía.
- Desobturación del conducto.
- Selección del poste.
- Cementación de poste.
- Control Radiográfico

Sesión 4: Rehabilitación de un diente tratado endodónticamente con postes anatomizados.

- Principios del poste anatomizado.
- Indicaciones y contraindicaciones de un poste anatomizado.
- Ventajas y desventajas de un poste anatomizado.
- Consideraciones clínicas en la elaboración de un poste anatomizado.
- Análisis de Radiografía.
- Desobturación del conducto.
- Selección del poste.
- Rebasado anatómico.
- Cementación de poste.
- Control Radiográfico.

Sesión 5: Rehabilitación de un diente tratado endodónticamente con postes semi-digitalizados.

- Ventajas y desventajas de un PFV semidigitalizados
- Consideraciones clínicas en la elaboración de un PFV semi-digitalizados
- Análisis de Radiografía.
- Desobturación del conducto.
- Elaboración de un patrón de resina acrílica.
- Escaneado patrón de resina acrílica
- Fresado a partir de un bloque de fibra de vidrio.
- Cementación.
- Control radiográfico.

#### **IV. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS**

Clases Magistrales: A cargo del docente responsable quien presentará la información más completa y actual sobre temas seleccionados en base a las competencias previstas. Asume la modalidad de exposición y diálogo.

Práctica en el laboratorio: Aprendizaje a nivel individual o grupal que esta destinado a adquirir habilidades analíticas y procedimentales.

Método de caso: El estudiante realizará el análisis y discusión de un caso clínico contemplando la realización de un poste de fibra de vidrio, interpretando los resultados, los cuales serán discutidos entre los demás estudiantes y docentes

## V. EVALUACIÓN

La nota mínima aprobatoria del curso es once (11.00).

Aspectos a evaluar	Ponderación
1. Evaluación Teórica	30 %
2. Evaluación Práctica	40%
3. Evaluación de método de Caso	30%
Total	100%

## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Falcão Spina DR, da Costa RG, Correr GM, Rached RN. Scanning of root canal impression for the fabrication of a resin CAD-CAM-customized post-and-core. *J Prosthet Dent.* 2018;120(2):242-5.
2. Fernandez A, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: A literature review. *J Prosthet Dent.* 2003;90:556-62.
3. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: A literature review. *Aust Dent J.* 2011;56(SUPPL. 1):77-83.
4. Hendi AR, Moharrami M, Siadat H, Hajmiragha H, Alikhasi M. The effect of conventional, half-digital, and full-digital fabrication techniques on the retention and apical gap of post and core restorations. *J Prosthet Dent.* 2019 Feb;121(2):364.e1-364.e6.
5. Naumann M, Schmitter M, Frankenberger R, Krastl G. "Ferrule Comes First. Post Is Second!" Fake News and Alternative Facts? A Systematic Review. *J Endod.* 2018;44(2):212-19.
6. Naumann M, Schmitter M, Krastl G. Postendodontic restoration: Endodontic post-and-core or no post at all? *J Adhes Dent.* 2018;20(1):19-24.
7. Pang J, Feng C, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y, Li Y, Ke J. Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dent Mater J.* 2019 Feb 8;38(1):114-119.
8. Quintana M, Castilla M, Matta C. Resistencia a la fractura frente a carga estática transversal en piezas dentarias restauradas con espigo-muñón colado, postes de fibra de carbono y de aleación de titanio. *Rev. Estomatol. Herediana.* 2005;15(1):24-9.
9. Quintana M, Kobayashi A. Postes, pasado, presente y futuro. *La carta odontológica.* 2000;5(15):21-6.
10. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Retention and failure morphology of prefabricated posts. *Int J Prosthodont.* 2004;17(3):307-12.

11. Sarkis-onofre R, Fergusson D, Maximiliano S. Performance of Post-retained Single Crowns : A Systematic Review of Related Risk Factors. 2017;43(2):175–83.
12. Schwartz, DDS, Robbins J. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A literature review. J Endod. 2004;5(5):289-301.
13. Wang X, Zhao K, Shu X, Zhang Y, Yang B, Jian Y. Evaluation of fiber posts vs metal posts for restoring severely damaged endodontically treated teeth: A systematic review and meta-analysis. Quintessence Int (Berl). 2019;50(1):8–20.

## VII. PROFESORES DEL CURSO E INVITADOS

Grado o Título	Nombres	Apellidos	Departamento Académico	Condición Docente/Invitado	Correo electrónico
Esp.	Yasmidally	Borda Luna	Ninguno	Invitado	yasmidally.borda@upch.pe

## VIII. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

N° de Sesión	Fecha	Horario	Contenido	Estrategias didácticas	Docente
1	14 de agosto	9:00 am-12:00 pm	Presentación del curso Rehabilitación de dientes tratados endodónticamente Consideraciones mecánicas y biológicas de los dientes tratados endodónticamente.	Clase magistral – participativa	Esp. Yasmidally Borda Luna
2	21 de agosto	9:00 am-12:00 pm	PFV: Composición, forma, propiedades estéticas, mecánicas y longevidad de los PFV.	Clase magistral – participativa	Esp. Yasmidally Borda Luna
3	28 de agosto	9:00 am-12:00 pm	Postes anatomizados Principios, indicaciones, contraindicaciones, ventajas, desventajas y consideraciones clínicas de un poste anatomizado.	Clase magistral – participativa	Esp. Yasmidally Borda Luna
4	04 de setiembre	10:00 am-12:00 pm	Evaluación Teórica	Evaluación teórica	Esp. Yasmidally Borda Luna
5	11 de setiembre	8:00 am-13:00 pm	Rehabilitación de un diente tratado endodónticamente mediante técnica directa.	Práctica en el laboratorio	Esp. Yasmidally Borda Luna
6	18 de setiembre	8:00 am-13:00 pm	Rehabilitación de un diente tratado endodónticamente con postes anatomizados.	Práctica en el laboratorio	Esp. Yasmidally Borda Luna

7	25 de setiembre	8:00 am-13:00 pm	Rehabilitación de un diente tratado endodónticamente con postes digitalizados.	Práctica en el laboratorio	Esp. Yasmidally Borda Luna
8	02 de octubre	8:00 am-12:00 pm	Evaluación Taller Práctico	Evaluación práctica	Esp. Yasmidally Borda Luna
9	09 de octubre	8:00 am-15:00 pm	-Evaluación de método de Caso	Evaluación de método de Caso	Esp. Yasmidally Borda Luna

## II.2. Análisis crítico de literatura estomatológica

### II.2.1. Información general

Información	Descripción
Título	Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core.
Autores	Pang J, Feng Ch, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y, Li Y, Ke J
Revista	Dental Materials Journal
Año de publicación	2019
País	China
Tipo de estudio	In vitro
<b>Objetivo</b>	
Evaluar las propiedades de resistencia a la fractura de los incisivos superiores con conductos ensanchados restaurados con diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM) con poste y muñón integrado de fibra de vidrio.	
<b>Metodología</b>	
La muestra estuvo compuesta por treinta (30) incisivos centrales maxilares humanos con una longitud de raíz de aproximadamente 13 mm, las cuales estuvieron divididas al azar en tres grupos, Grupo A (n=10): sistema integrado de núcleo y poste CAD/CAM, Grupo B (n=10): postes prefabricados de fibra de vidrio, Grupo C (n=10): aleación de oro fundido. Las muestras fueron sometidas a carga de fatiga de 300.000 cargas cíclicas equivalente a un año de masticación, para después ser sometidas a carga de estática en el equipo ElectroForce, el cual consistió en colocar las muestras a 45 grados con una velocidad de cruceta de 1 mm/min, hasta que se destruyeron después de 100 N de fuerza con 6 Hz.	
<b>Resultados</b>	
El poste y el muñón se pueden colocar sin problemas después de un pequeño ajuste y se ajusta muy bien a la pared interna del conducto radicular ensanchado. No se encontraron fallas en la restauración después de 300 000 cargas cíclicas; no se encontró aflojamiento en la corona de los especímenes; y tampoco presentaron línea de fractura en la superficie de la raíz. No existió diferencias entre los Grupos A y el Grupo C ( $p>0,05$ ), pero fueron significativamente mayores que las del Grupo B ( $p<0,05$ ). Los modos de a, b y c se consideran fracturas reparables y los modos d, e y f como irreparables. Los resultados mostraron que hubo seis casos de fractura reparable y cuatro casos de fractura irreparable en el Grupo A, mientras que hubo siete y nueve casos de fractura irreparable en el Grupo B y el Grupo C respectivamente.	
<b>Conclusiones</b>	
Este estudio in vitro ha llevado a las siguientes conclusiones. La parte de la fractura del poste y el muñón con un módulo elástico bajo está más cerca del cuello de la raíz, lo que es favorable para la restauración, mientras que el poste y el muñón con un módulo elástico alto pueden transferir la tensión de oclusión directamente y las partes rotas ocurren principalmente en el medio y la punta de las raíces.	

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

Secciones	Item	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 identifica que es un estudio in vitro/laboratorio.	114
	1b	Resumen estructurado del diseño, métodos, resultados y conclusiones.	No, el resumen no presenta una estructura esperada (Objetivos, métodos, resultados y conclusiones).	114
<b>Introducción</b>				
Antecedentes y objetivos	2a	Antecedentes científicos y explicación de los motivos del estudio	Sí, menciona la importancia de utilizar técnicas de restauración de postes y muñones para la rehabilitación de piezas dentarias post endodoncia.	114
	2b	Objetivos específicos o hipótesis	No, no menciona objetivos específicos o hipótesis.	
<b>Métodos</b>				
Intervenciones	3	La intervención para cada grupo, incluyendo cómo y cuándo se administraron realmente, tienen suficiente detalle para permitir su reproducción.	Si, describe la forma de selección de las piezas dentarias, preparación de conductos radiculares acampanados, diseño y fabricación de postes y muñones de fibra de vidrio integrados CAD/CAM, unión del poste y el muñón y fabricación de la corona, fijación de las muestras, carga de fatiga y carga estática, análisis estadístico.	114,115, 116
Resultados (outcomes)	4	Medidas de resultado primarias y secundarias completamente definidas, incluyendo cómo y cuándo fueron evaluadas.	Sí, para evaluar la resistencia a la fractura de las restauraciones con postes y muñones se utilizaron la prueba de fatiga que fue de 300 000 ciclos para simular la masticación de un año y la prueba de carga estática que fue de 100 N.	114
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.	Si, el estudio afirma que la muestra se dividió aleatoriamente en tres grupos (Grupo A, Grupo B, Grupo C).	114
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, este estudio no especifica el mecanismo utilizado para implementar la secuencia de aleatorización (por ejemplo contenedores numerados secuencialmente), ni especifica las medidas tomadas para ocultar la secuencia hasta que se asigna la intervención.	-
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 determina quien generó la secuencia de asignación aleatoria.	-
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 quien se cegó tras la asignación a las intervenciones.	-
Métodos estadísticos	10	Menciona los métodos estadísticos usados para comparar los grupos para resultados primarios y secundarios	Si, el artículo afirma que se utilizaron análisis de varianza (ANOVA), prueba post hoc Tukey y prueba de chi- Cuadrado y se encontro un nivel de significancia del 95%. Los datos obtenidos en este estudio fueron analizados utilizando el software estadístico SPSS.19.0.	116
<b>Resultados</b>				
Especímenes analizados	11a	Indica el número de especímenes incluidos en cada grupo de análisis.	Si, indica que tienen 3 grupos de estudio (Grupo A, Grupo B, Grupo C) cada uno con 10 especímenes incluidos en cada grupo.	114

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, describe que la resistencia a la fractura media para cada grupo fue: Grupo A: 927,6±275,6) N, Grupo B: 616,5±154,9) N, Grupo C: 967,9±157,5) N, No hubo diferencias significativas entre los Grupos A y el Grupo C (p>0,05), pero fueron significativamente mayores que las del Grupo B (p<0,05).  Los resultados mostraron que para el modo de fractura se obtuvieron: Grupo A: 06 casos de fractura reparable y 04 casos de fractura irreparable. Grupo B: 03 casos de fractura reparable y 07 siete casos de fractura irreparable. Grupo C: 01 caso de fractura reparable y 09 casos de fractura irreparable.	116,117
<b>Discusión</b>				
Limitaciones	12a	Establece las limitaciones, abordando las fuentes de posibles sesgos, imprecisiones y, si procede, multiplicidad de análisis.	No, en el estudio no establece las limitaciones de posibles sesgos.	-
Generalización	12b	Indicar la generalización (validez externa, aplicabilidad) de los resultados.	No, en la discusión no menciona si los resultados pudieran generalizarse a otros estudios.	-
Interpretación	12c	Interpretación coherente con los resultados, sopesando los beneficios y los perjuicios, y teniendo en cuenta otras pruebas pertinentes.	Sí, realiza una interpretación coherente de los resultados.	117
<b>Otra información</b>				
Protocolo	24	Indica dónde puede consultarse el protocolo completo, si está disponible	Sí, indica dónde puede consultarse el protocolo completo, en el estudio se encuentra la correspondencia del autor.	118

			PANG J; Correo electrónico: 37420802@qq.com No se tiene información de aprobación del comité de ética.	
Financiamiento	25	Menciona las fuentes de financiamiento y otras ayudas (como suministros), papel de los financiadores	No, en el estudio no menciona las fuentes de financiamiento.	-

### II.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 las propiedades de resistencia a la fractura de los incisivos superiores con conductos ensanchados restaurados con diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM) con poste y muñón integrado de fibra de vidrio.	114
<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 mencionados y la técnica utilizada para la elaboración de postes fue descrita, para después hacer la evaluación de fatiga y carga estática.  Se utilizaron (ANOVA), prueba Tukey, prueba Chi cuadrado y se estableció un nivel de significancia del 95%,	114,115, 116

3. ¿Fue el tamaño de muestra justificado?		X		Se identifica la ausencia de una fórmula o método de muestreo para la obtención de piezas dentales utilizadas en el estudio.	-
4. ¿Fueron los especímenes tomados de una población de base apropiada?				No aplica	
5. ¿Fue el proceso de selección de especímenes congruente con la población de investigación?				No aplica	
6. ¿Se midieron adecuadamente los resultados de acuerdo con los objetivos del estudio?	X			En el estudio podemos observar la prueba de fatiga que fue de 300 000 ciclos para simular la masticación de un año y la prueba de carga estática que fue de 100 N.	116,117
7. ¿Se midieron correctamente los resultados con el uso de instrumentos o medidas que hayan sido experimentadas, probadas o publicadas previamente?	X			Los datos obtenidos en este estudio se analizaron con el software estadístico SPSS 19.0; el análisis de varianza (ANOVA), prueba de Tukey, prueba Chi cuadrado y se estableció un nivel de significancia del 5%,	116
8. ¿Está claro que se usó para determinar significancia estadística, estimadores de precisión, o ambos? (por ejemplo: valores p, intervalos de confianza)	X			Se utilizaron valores de "p" que están registrados en la parte textual y en la parte gráfica.	116
9. ¿Fueron los métodos (incluye métodos estadísticos) suficientemente descritos para permitir que estos sean repetidos?	X			En el estudio se puede evidenciar los métodos para que estos sean repetidos (prueba de fatiga que fue de 300 000 ciclos para simular la masticación de un año y la prueba de carga estática que fue de 100 N).	116
<b>Resultados</b>					

10. ¿Fueron descritos adecuadamente los datos básicos?	X			Se describen los resultados obtenidos de la prueba de fatiga y la prueba de carga estática	116,117
11. ¿Si es apropiado, la información de los individuos con no respuesta fue descrita?				No Aplica	
12. ¿Fueron los resultados consistentes internamente?	X			Existe consistencia con los instrumentos que fueron utilizados para evaluar las variables de este estudio.	116,117
13. ¿Fueron presentados los resultados descritos para su análisis en métodos?	X			Los resultados descritos fueron correspondientes a la metodología que fue utilizada en este estudio.	116,117
<b>Discusión</b>					
14. ¿Fueron las discusiones y conclusiones de los autores justificadas por los resultados?	X			En las discusiones podemos evidenciar los resultados que fueron justificados por los autores de este estudio.	117,118
15. ¿Fueron discutidas las limitaciones del estudio?		X		No se indican las limitaciones de este estudio.	-
<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		En el estudio no menciona las fuentes de financiamiento.	-
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.

### II.3. Proyecto de investigación en estomatología

#### TÍTULO

Estudio in vitro de la resistencia y tipo de fractura de incisivos centrales superiores restaurados con postes anatomizados prefabricados en fibra de vidrio y fabricados con técnica CAD/CAM

#### RESUMEN

**Antecedentes:** Los dientes con presencia de paredes radiculares delgadas tienen una alta tasa de fractura, lo que dificulta encontrar la forma ideal de brindar resistencia a la pieza dentaria. Con un módulo de elasticidad similar a la dentina, los PFV distribuyen la tensión de manera uniforme por todo el conducto radicular, evitando concentración de tensiones, de esa manera se reduciría el riesgo de fractura. **Objetivo:** Evaluar in vitro la resistencia y tipo de fractura de incisivos centrales superiores restaurados con postes anatomizados prefabricados en fibra de vidrio y fabricados con técnica CAD/CAM. **Materiales y Métodos:** Estudio In vitro de incisivos centrales superiores de humanos que se dividirán de manera aleatoria en 2 grupos y serán cementadas con RelyX U200. Los postes en el grupo A: Serán PFV fabricadas con CAD/CAM y los postes del grupo B: serán PFV prefabricado, para la comparación de la resistencia a la fractura los postes serán sometidos a carga estática transversal después de haber recibido carga fatiga. Se aplicará un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia menor a 0.05. Se

realizará un análisis descriptivo de los datos de la variable resistencia a la fractura: medidas de tendencia central (promedios) y medidas de dispersión (desviación estándar) y mediante análisis descriptivo de los datos de las variables cualitativas, se obtendrán valores relativos y absolutos.

**Palabras clave:** Fibra de vidrio, diseño asistido por computadora, resistencia flexional

## **INTRODUCCIÓN**

Los postes dentales son aditivos utilizados para la rehabilitación de piezas dentarias que han sido tratados endodónticamente y con gran pérdida de estructura dental (1), lo que representa un problema debido a la reducción significativa en su capacidad para resistir fuerzas funcionales (2). La resistencia estructural de un diente está determinada por la cantidad y la resistencia inherente de la dentina. Así como, la integridad y la forma anatómica (3). La cantidad de tejido residual, la intensidad y el módulo de elasticidad están estrechamente relacionados con la presencia de fracturas dentales (4). Por esta razón, la preservación del tejido dental, la presencia de un efecto de férula y la adhesión se consideran las condiciones más efectivas para una restauración exitosa a largo plazo después de la terapia endodóntica.(5).

En la actualidad podemos encontrar distintos tipos de materiales para postes dentales que serán utilizados para la rehabilitación de piezas dentarias post endodoncia. Dentro de ellos están los PFV, con un módulo de elasticidad de 29 a

50 GPa, similar al de la dentina de 18 GPa (6,7); además de poseer una alta resistencia a la fatiga y a las fuerzas tensionales (8-10), En comparación con otros tipos de postes que poseen modulo de elasticidad mayor y como consecuencia mayor posibilidad de fractura radicular(11). Sin embargo, los PFV enfrentan ciertas desventajas como una menor adaptación, especialmente en canales amplios y ovalados (12); para estos casos, se recomienda el empleo de postes anatomizados, que utilizan una resina compuesta para el rebasado de PFV, de modo que, la forma del núcleo del poste coincide con la del espacio ensanchado del conducto radicular (13). Diversos autores mencionan que, la presencia de conductos amplios y ovalados requieren una mayor cantidad de material cementante(14,15).

Los materiales CAD/CAM podrían adoptarse como una alternativa para restaurar conductos radiculares ensanchados en dientes estéticamente comprometidos (16); debido a que permite tener una capa muy delgada del material de cementación, que proporciona una reducción drástica de las tensiones de polimerización y la formación de espacios o vacíos en la interfaz adhesiva (17). La evolución de los sistemas CAD/CAM con características estéticas da como resultado una mayor confiabilidad estructural (18,19), la cual podría presentar mejores resultados en comparación con un PFV revestido con resina compuesta (20).

Debido a la necesidad de encontrar un método ideal para la rehabilitación de las piezas dentales post endodoncia, el uso del PFV fabricada por sistema CAD/CAM surge como una alternativa, considerando que los prefabricados presentan algunas complicaciones en casos de dientes con amplia destrucción coronal y conductos

radiculares amplios. Por ello la pregunta de investigación es ¿Cuál es la resistencia y tipo de fractura de incisivos centrales superiores restaurados con postes anatomizados prefabricados en fibra de vidrio y fabricados con técnica CAD/CAM?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar in vitro la resistencia y tipo de fractura de incisivos centrales superiores restaurados con postes anatomizados prefabricados en fibra de vidrio y fabricados con técnica CAD/CAM.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar in vitro la resistencia de incisivos centrales superiores restaurados con postes anatomizados prefabricados en fibra de vidrio y fabricados con técnica CAD/CAM.
2. Determinar el tipo de fractura de incisivos centrales superiores restaurados con postes anatomizados prefabricados en fibra de vidrio y fabricados con técnica CAD/CAM.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Tipo de estudio**

In vitro

## **Muestra**

La muestra estará conformada por 20 incisivos centrales superiores, teniendo 10 unidades por cada grupo de estudio; debe mencionarse que este tamaño muestral es en función al estudio de Pang *et al.* (21). Las piezas dentales serán donadas por el Servicio de Cirugía Bucomaxilofacial del Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CDD-UPCH) (Anexo 1), y serán divididos al azar en 2 grupos:

Grupo A: PFV diseñados y fresados en CAD/CAM elaborados con fibra de vidrio Trilor® Arch

Grupo B: PFV de la marca White Post DC.

## **Criterios de selección**

Criterios inclusión: Se utilizarán incisivos centrales superiores con raíz recta y único conducto radicular, conducto de forma ovalado o circular, formación radicular completa, libre de caries dental y fractura.

Criterios de exclusión: Incisivos centrales superiores con ápices abiertos, canales calcificados, múltiples raíces y conductos, con previo tratamiento de conducto.

## **Definición operacional de variables (Anexo 2)**

Poste: Complementos que se instalan en el conducto radicular (1). Para este estudio se considerarán PFV de la marca Whitepost DC y PFV de la marca Trilor® Arch.

Variable cualitativa, dicotómica y nominal, cuyos valores son PFV fabricados por CAD/CAM y PFV prefabricado.

Resistencia a la fractura: Carga máxima que puede soportar un cuerpo después de un daño progresivo, localizado y permanente de la estructura de un material. Para este estudio los PFV serán sometidos a prueba de fatiga en un equipo de ciclaje y la prueba de carga estática hasta la fractura, medida en la máquina digital de ensayos universales CMT-5L. Variable cuantitativa, continua y de razón, cuyos valores serán expresados en Newton (N).

Patrones de falla: Es el tipo division de un cuerpo entre dos o más partes bajo la influencia de tensión. Para este estudio será la superficie obtenida como consecuencia de la fractura y se clasificará como reparable, irreparable y catastrófico. El análisis del patrón de falla se evaluará con una lupa binocular X4-Bio-Art. Variable cualitativa, ordinal politómica. Los valores son: reparable que comprende las fracturas Tipo 1: fractura de cementación y Tipo 2: fractura en el tercio cervical; además irreparable que contempla las tipo 3: fractura en el tercio medio y tipo 4: fractura en el tercio apical. Por último, catastrófico que incluye el tipo 5: fractura longitudinal.

## **Procedimientos y técnicas**

### **Recolección de la muestra**

Los incisivos centrales superiores serán donados por el Servicio de Cirugía Bucomaxilofacial del Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Anexo 2) y deberán tener una longitud corono-radicular de 22 mm. La eliminación de rastros de sangre y tejidos adheridos se realizará con un equipo de ultrasonido UDSK (Woodpecker, China), para luego ser lavados con abundante

agua destilada. Los especímenes serán almacenados en 0.9% de NaCl en frascos herméticamente cerrados a temperatura ambiente hasta su uso. Para estandarizar la longitud de las raíces, los especímenes serán fijados utilizando cera pegajosa (Kota Ind. e Com. Ltda., San Pablo, SP, Brasil) y serán seccionados próximo a la unión cemento-esmalte, a 14 mm del ápice de la raíz con una máquina de corte seriado a baja velocidad (Isomet 1000 precisión saw, Buehler, Lake Bluff, Illinois, Estados Unidos).

#### Preparación endodóntica de los especímenes

La permeabilidad de los conductos radiculares y remoción del tejido pulpar se realizará con una lima tipo #15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) y la conductometría se ejecutará hasta alcanzar una longitud de trabajo 14 mm (1 mm por encima del ápice radicular) con una lima K #20 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). La Irrigación se realizará con 5ml NaOCl 5.25% (Golrang, Tehran, Irán) para remover el material orgánico y utilizando un instrumento recíprocante R40 (Reciproc ®, VDW, Germany) se dará la conformación cónica al conducto, junto con ácido etilendiamino tetra-acético EDTA 17% (Canalarge, Ammdent, Chandigarh, India). Los canales serán secados con conos de papel (Dentsply Maillefer, Ballaigue, Switzerland) y se obturará con un cono único de gutapercha R40 (Reciproc ®, VDW, Germany) y cemento endodóntico (ADSEAL, Metabiomed, Korea), empleando la técnica de condensación vertical de Schilder y finalmente, las cavidades de acceso serán selladas con material base de ionómero de vidrio (Vitrebond, 3M, USA). Debe mencionarse que lo desarrollado será verificado con una radiografía, que el almacenamiento de todas las raíces será agua

destilada durante 7 días a 37°C y que la totalidad de los tratamientos de conductos serán realizados por un especialista en endodoncia.

#### Preparación del espacio para el poste

El conducto radicular será preparado a una longitud de 10mm, la eliminación de gutapercha será con fresas Peeso, la conformación del conducto se realizara 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, se reemplazará una fresa nueva cada 5 preparaciones. Todas las raíces preparadas se evaluarán radiográficamente para garantizar la eliminación completa del material de obturación.

#### Elaboración de los postes

Las raíces preparadas serán divididas aleatoriamente en 2 grupos según el tipo de poste que recibirán. Los PFV prefabricado tendrán una superficie externa desinfectada con alcohol etílico al 70% por 60 segundos, se lavará con agua durante 15 segundos y se secará durante 10 segundos. Posteriormente, se aplicará silano (BIS-SILANE™, BISCO, Schaumburg, IL, EE.UU.) y se esperará durante 60 segundos, para después secar con aire durante 15 segundos. Se procederá con la aplicación del adhesivo (Adper™ Single bond, 3M ESPE) en la superficie externa del poste, la fotopolimerización se realizará con una lámpara LED Optilight LD Max (Gnatus, Sao Paulo, Brasil) durante 60 segundos.

El aislamiento de conducto radicular será con glicerina líquida durante 15 segundos, aplicando aire al finalizar para eliminar los excesos durante 10 segundos. El rebasado anatómico será realizado con Resina (Filtek <sup>TM</sup>Z350XT, 3M ESPE) y se fotopolimerizará con una lámpara LED Optilight LD Max (Gnatus, Sao Paulo, Brasil) durante 60 s.

Para la confección del muñón se empleará resina One Bulk Fill, 3M ESPE, el tamaño del muñón será 5 mm de altura, 5 mm en sentido vestibulo- lingual, 4 mm en sentido mesio-distal y serán corroborados con un calibrador digital.

El PFV fabricado sistema por CAD/CAM involucrará el aislamiento de conducto radicular con glicerina líquida durante 15 segundos, se aplicará aire y eliminará los excesos por 10 segundos, se seleccionará un pin de plástico y se adaptará. En un vaso dappen de silicona se preparará la resina acrílica autopolimerizante (DuraLay; Reliance Dental Mfg Co) y se revestirá el pin plástico, para luego ser colocado en el conducto radicular, con leves movimientos de inserción y extracción hasta que polimerice; posteriormente se retirará y verificará que las paredes estén lisas. La conformación del muñón se realizará con la resina acrílica autopolimerizante (DuraLay; Reliance Dental Mfg Co), el tamaño del muñón será 5 mm de altura, 5 mm en sentido vestibulo- lingual, 4 mm en sentido mesio-distal, los cuales serán corroborados con el calibrador digital.

Después de obtener el patrón de acrílico, este será escaneado mediante un escáner (Trios, 3SHAPE, Finlandia), obteniéndose un modelo 3D o malla (stl) que será

generada por el software de CAI (Computer Aided Imaging). Posterior a ello se usará la información del modelo 3D para el diseño del poste utilizando el software DENTAL CAD (Exocad GmbH, Darmstadt, Alemania). Se fresará un disco de fibra de vidrio Trilor ® Arch (Bioloren, Italia) para desarrollar el poste con una máquina de fresado (vhf CAM 5-S1 Impression; VHF, Ammerbuch, Alemania), este procedimiento será realizado en el laboratorio Alium digital.

#### Cementación de los postes

Los PFV se cementarán de acuerdo con los requisitos de especificación del cemento de resina autoadhesivo y de curado dual RelyX U200 (3M ESPE, St. Paul, Mn, EUA), con jeringa de automezcla y por medio de las puntas será llevado al interior del conducto; este será colocado en el conducto ejerciendo ligera presión y se fotopolimerizará con una lámpara LED Optilight LD Max (Gnatus, Sao Paulo, Brasil) durante 60 segundos. Una vez completada la polimerización, se realiza una evaluación radiológica de la cementación de todos los postes y finalmente cada grupo de muestra se almacena en agua destilada a 37 °C durante 24 h.

#### Prueba de resistencia a la fractura (carga a la fatiga y carga estática).

Las muestras serán sometidas a 250.000 ciclos mecánicos (imitando un año de función clínica), para la resistencia a la Fractura se utilizará una máquina de ensayos universales CMT-5 del laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTYFICATE S.A.C., con una carga estándar de 100 N y una frecuencia de 6Hz. La carga se aplicará en un ángulo de 135 ° al eje longitudinal de la raíz con una velocidad de la cruceta de 0,5 mm / min.

El análisis del patrón de falla se evaluará con una lupa binocular X4 (Bio-Art Equipamentos Odontologicos Ltda, São Carlos, SP, Brasil), la cual ayudará a definir los patrones de falla: Tipo I que comprende fractura en la interfaz de unión corona-núcleo, Tipo II consistente en fractura del tercio cervical radicular, Tipo III que involucra fractura en el tercio medio de la raíz, Tipo IV que aborda la fractura en el tercio apical radicular y Tipo V que contiene la fractura vertical.

Antes de aplicar la carga, una persona ajena a la investigación asignará aleatoriamente las letras a cada grupo de estudio con sus respectivos números a cada muestra, para conformar un estudio ciego. Asimismo, el encargado de aplicar la fuerza con la máquina desconocerá qué tipo de poste estará colocado en cada grupo experimental para conseguir que la prueba sea doble ciego.

### **Plan de análisis**

Los datos recopilados (Anexo 3) serán procesados en el programa Excel 2010; posteriormente, se realizará el análisis estadístico descriptivo, en el programa STATA versión 17. Para el análisis descriptivo de los datos de la variable resistencia a la fractura se obtendrán medidas de tendencia central y medidas de dispersión; asimismo, para las variables cualitativas se obtendrán valores relativos y absolutos. Las pruebas bivariadas elegidas son T de Student y ANOVA, siempre y cuando se compruebe la normalidad con la prueba de Shapiro Wilks, si no existiese normalidad, se utilizará la prueba de U de Mann Whitney y Kruskal Wallis. El estudio tendrá un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia menor a 0.05.

### **Aspectos éticos del estudio**

Como requisito, para ejecutarse este estudio se necesitará la aprobación del Comité Institucional de Ética en Humanos de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIE-UPCH). Las piezas dentarias utilizadas en este estudio serán donadas por el Servicio de Cirugía Bucomaxilofacial del CDD-UPCH (Anexo 1), considerando que cada paciente firmó un consentimiento informado al atenderse, por tal motivo el investigador desconoce la identidad de los pacientes que donarán las piezas dentarias. De este modo, para mantener la confidencialidad, no existirá relación entre las piezas dentales y los pacientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cabrales KC, Anaya MVM, Zurita GPB. Resistencia a la fractura de dientes con raíces debilitadas usando postes con y sin relleno radicular. Revisión sistemática. *Rev Odontológica Mex.* 2015;19(3):149–54.
2. Ayad MF, Bahannan SA, Rosenstiel SF. Influence of Irrigant, Dowel Type, and Root-Reinforcing Material on Fracture Resistance of Thin-Walled Endodontically Treated Teeth. *J Prosthodont.* 2011;20(3):180–9.
3. Kogan Frenck E, Zyman Fe G. Estudio comparativo de la adaptación de 3 sistemas prefabricados de postes endodónticos a la preparación del conducto. *Rev ADM.* 2004;61:102–8.
4. Galhano GÁ, Valandro LF, Marques De Melo R, Scotti R, Bottino MA. Evaluation of the flexural strength of carbon fiber-, quartz fiber-, and glass fiber-based posts. *J Endod.* 2005;31(3):209–11.
5. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: A literature review. *Aust Dent J.* 2011;56(SUPPL. 1):77–83.
6. Yu HH, Zhang L, Xu S, Li F, Yu F, Liu ZY, et al. Effects of Epigallocatechin-3-gallate (EGCG) on the bond strength of fiber posts to Sodium hypochlorite (NaOCl) treated intraradicular dentin. *Sci Rep.* 2017;7(1):1–11
7. Shafiei F, Mohammadparast P, Jowkar Z. Adhesion performance of a universal adhesive in the root canal: Effect of etch-and-rinse vs. self-etch mode. *PLoS One.* 2018;13(4):1–14.

8. Kogan E, Ziman G. Estudio comparativo de la adaptación de tres sistemas prefabricados de postes endodónticos a la preparación del conducto. *ADM*. 2004; LXI (3):102-8.
9. Mannocci F, Bhuya B, Stern S. Restoring teeth following root canal re-treatment. *Endodontic topic*. 2008;19(1):125-52.
10. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Effects of endodontic post surface treatment, dentin conditioning, and artificial aging on the retention of glass fiber-reinforced composite resin posts. *J Prosthet Dent*. 2010;103(1):31-9.
11. Agüero P, Paredes G, Alayo C. Evolución del poste muñón en Odontología Evolution of intraradicular posts in. *Odontol SanMarquina*. 2017;20 (2):75–8.
12. Yu HH, Zhang L, Xu S, Li F, Yu F, Liu ZY, et al. Effects of Epigallocatechin-3-gallate (EGCG) on the bond strength of fiber posts to Sodium hypochlorite (NaOCl) treated intraradicular dentin. *Sci Rep*. 2017;7(1):4235
13. Mirmohammadi H, Gerges E, Salameh Z, Wesselink PR. Effect of post diameter and cement thickness on bond strength of fiber posts. *Quintessence Int*. 2013;44(10):801-10.
14. Gomes GM, Rezende EC, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. *J Adhes Dent*. 2014;16(1):71-8
15. Falcão Spina DR, Goulart da Costa R, Farias IC, da Cunha LG, Ritter AV, Gonzaga CC, et al. CAD/CAM post-and-core using different esthetic

- materials: Fracture resistance and bond strengths. *Am J Dent.* 2017;30(6):299-304.
16. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J.* 2008; 204(9):505-11.
17. Chen Z, Li Y, Deng X, Wang X. A novel computer-aided method to fabricate a custom one-piece glass fiber dowel-and-core based on digitized impression and crown preparation data. *J Prosthodont.* 2014;23(4):276-83.
18. Gomes GM, De Rezende EC, Gomes OMM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis. Influence Of The Resin Cement Thickness On Bond Strength And Gap Formation Of Fiber Posts Bonded To Root Dentin. *J Adhes Dent.* 2014; 16 (1):71–8.
19. Sary SB, Samah MS, Walid A AZ. Effect of restoration technique on resistance to fracture of endodontically treated anterior teeth with flared root canals. *J Biomed Res.* 2019;33(2):131-8.
20. Pang J, Feng C, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y, et al. Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dent Mater J.* 2019;38(1):114-9.

## PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

### Presupuesto

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unidad (S/.)</b>	<b>Precio total (S/.)</b>
White Post DC FGM, Joinville, Brazil	10	22.00	220.00
Fibra de vidrio Trilor ® Arch (Bioloren, Italia)	1	100.00	1000.00
Bis Silano (BISCO Inc, Schaumburg, IL, EUA)	1	100.00	100.00
Adhesivo (Adper™ Single bond, 3M ESPE	1	150.00	150.00
RelyX U200 (3M ESPE, St. Paul, Mn, EUA)	2	350.00	700.00
Filtek ™Z350XT, 3M ESPE	2	150.00	300.00
One Bulk Fill, 3M ESPE	2	120.00	240.00
DuraLay; Reliance Dental Mfg Co	2	120.00	240.00
Laboratorio para el fresado de postes de CAD/CAM	10	50.00	500.00
Total			3450.00

Cronograma

<b>Actividades</b>	<b>Agosto 2023</b>	<b>Septie mbre 2023</b>	<b>Octubre 2023</b>	<b>Noviembre 2023</b>	<b>Diciembre 2023</b>	<b>Enero 2024</b>
Presentación del protocolo	X					
Aceptación del protocolo	X					
Recojo de datos		X				
Procesamiento de datos			X			
Análisis de los resultados				X		
Informe final					X	
Presentación de resultados						X

### III. CONCLUSIONES

Del portafolio se puede concluir lo siguiente:

1. Mediante la ejecución del sílabo el estudiante realizará las principales técnicas para la confección de PFV y PFV semi- digitalizados mediante el estudio de casos, conociendo y reconociendo las principales técnicas para rehabilitación de dientes tratados endodónticamente.
2. El trabajo de análisis crítico de literatura estomatológica nos permitirá la evaluación de la calidad del artículo siguiendo parámetros con el fin de comprender en su totalidad el artículo estudiado reconociendo los errores del estudio, ya sea por sesgo o confusión.
1. El trabajo de proyecto de investigación nos servirá para evaluar *In vitro* la resistencia y tipo de fractura de dientes incisivos centrales superiores restaurados con postes anatomizados prefabricados en fibra de vidrio y fabricados con técnica CAD/CAM”.

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agüero P, Paredes G, Alayo C. Evolución del poste muñón en Odontología  
Evolution of intraradicular posts in. *Odontol SanMarquina*. 2017;20 (2):75–8.
2. Albashaireh ZS, Ghazal M, Kern M. Effects of endodontic post surface treatment, dentin conditioning, and artificial aging on the retention of glass fiber-reinforced composite resin posts. *J Prosthet Dent*. 2010;103(1):31-9.
3. Ayad MF, Bahannan SA, Rosenstiel SF. Influence of Irrigant, Dowel Type, and Root-Reinforcing Material on Fracture Resistance of Thin-Walled Endodontically Treated Teeth. *J Prosthodont*. 2011;20(3):180–9.
4. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*. 2008; 204(9):505-11.
5. Cabrales KC, Anaya MVM, Zurita GPB. Resistencia a la fractura de dientes con raíces debilitadas usando postes con y sin relleno radicular. Revisión sistemática. *Rev Odontológica Mex*. 2015;19(3):149–54.
6. Chen Z, Li Y, Deng X, Wang X. A novel computer-aided method to fabricate a custom one-piece glass fiber dowel-and-core based on digitized impression and crown preparation data. *J Prosthodont*. 2014;23(4):276-83.
7. Falcão Spina DR, da Costa RG, Correr GM, Rached RN. Scanning of root canal impression for the fabrication of a resin CAD-CAM-customized post-and-core. *J Prosthet Dent*. 2018;120(2):242-5.
8. Falcão Spina DR, Goulart da Costa R, Farias IC, da Cunha LG, Ritter AV, Gonzaga CC, et al. CAD/CAM post-and-core using different esthetic

- materials: Fracture resistance and bond strengths. *Am J Dent.* 2017;30(6):299-304.
9. Fernandez A, Shetty S, Countinho I. Factors determining post selection: A literature review. *J Prosthet Dent.* 2003;90:556-62.
  10. Galhano GÁ, Valandro LF, Marques De Melo R, Scotti R, Bottino MA. Evaluation of the flexural strength of carbon fiber-, quartz fiber-, and glass fiber-based posts. *J Endod.* 2005;31(3):209–11.
  11. Gomes GM, De Rezende EC, Gomes OMM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis. Influence Of The Resin Cement Thickness On Bond Strength And Gap Formation Of Fiber Posts Bonded To Root Dentin. *J Adhes Dent.* 2014; 16 (1):71–8.
  12. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: A literature review. *Aust Dent J.* 2011;56(SUPPL. 1):77–83.
  13. Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J Adhes Dent.* 2003;5(3):243-7.
  14. Hendi AR, Moharrami M, Siadat H, Hajmiragha H, Alikhasi M. The effect of conventional, half-digital, and full-digital fabrication techniques on the retention and apical gap of post and core restorations. *J Prosthet Dent.* 2019 Feb;121(2):364.e1-364.e6.
  15. Kogan E, Ziman G. Estudio comparativo de la adaptación de tres sistemas prefabricados de postes endodónticos a la preparación del conducto. *ADM.* 2004: LXI (3):102-8.
  16. Kogan Frenck E, Zyman Fe G. Estudio comparativo de la adaptación de 3

- sistemas prefabricados de postes endodónticos a la preparación del conducto. *Rev ADM*. 2004;61:102–8.
17. Mannocci F, Bhuvu B, Stern S. Restoring teeth following root canal re-treatment. *Endodontic topic*. 2008;19(1):125-52.
  18. Mirmohammadi H, Gerges E, Salameh Z, Wesselink PR. Effect of post diameter and cement thickness on bond strength of fiber posts. *Quintessence Int*. 2013;44(10):801-10.
  19. Naumann M, Schmitter M, Frankenberger R, Krastl G. "Ferrule Comes First. Post Is Second!" Fake News and Alternative Facts? A Systematic Review. *J Endod*. 2018;44(2):212-19.
  20. Naumann M, Schmitter M, Krastl G. Postendodontic restoration: Endodontic post-and-core or no post at all? *J Adhes Dent*. 2018;20(1):19–24.
  21. Pang J, Feng C, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y, et al. Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dent Mater J*. 2019;38(1):114-9.
  22. Quintana M, Castilla M, Matta C. Resistencia a la fractura frente a carga estática transversal en piezas dentarias restauradas con espigo-muñón colado, postes de fibra de carbono y de aleación de titanio. *Rev. Estomatol. Herediana*. 2005;15(1):24-9.
  23. Quintana M, Kobayashi A. Postes, pasado, presente y futuro. *La carta odontológica*. 2000;5(15):21-6.
  24. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Retention and failure morphology of prefabricated posts. *Int J Prosthodont*. 2004;17(3):307-12.

25. Sarkis-onofre R, Fergusson D, Maximiliano S. Performance of Post-retained Single Crowns : A Systematic Review of Related Risk Factors. 2017;43(2):175–83.
26. Sary SB, Samah MS, Walid A AZ. Effect of restoration technique on resistance to fracture of endodontically treated anterior teeth with flared root canals. J Biomed Res. 2019;33(2):131-8.
27. Schwartz, DDS, Robbins J. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A literature review. J Endod. 2004;5(5):289-301.
28. Shafiei F, Mohammadparast P, Jowkar Z. Adhesion performance of a universal adhesive in the root canal: Effect of etch-and-rinse vs. self-etch mode. PLoS One. 2018;13(4):1–14.
29. Wang X, Zhao K, Shu X, Zhang Y, Yang B, Jian Y. Evaluation of fiber posts vs metal posts for restoring severely damaged endodontically treated teeth A systematic review and meta-analysis. Quintessence Int (Berl). 2019;50(1):8–20.
30. Yu HH, Zhang L, Xu S, Li F, Yu F, Liu ZY, et al. Effects of Epigallocatechin-3-gallate (EGCG) on the bond strength of fiber posts to Sodium hypochlorite (NaOCl) treated intraradicular dentin. Sci Rep. 2017;7(1):1–11
31. Yu HH, Zhang L, Xu S, Li F, Yu F, Liu ZY, et al. Effects of Epigallocatechin-3-gallate (EGCG) on the bond strength of fiber posts to Sodium hypochlorite (NaOCl) treated intraradicular dentin. Sci Rep. 2017;7(1):4235

## V. ANEXOS

### Anexo 1. Carta para la donación de piezas dentarias

Lima, 14 de Julio de 2023

**Dr. José Ignacio Chávez**  
**Director clínico**  
**Centro Dental Docente - UPCH**  
Presente.-

De mi consideración:

Tengo el agrado de saludarlo y presentarme, soy la Esp. **YASMIDALLY BORDA LUNA** estudiante del Programa de Maestría en Rehabilitación Oral de la Unidad de Posgrado y Especialización Estomatología de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Actualmente me encuentro realizando mi proyecto de investigación: “Estudio in vitro de la resistencia y tipo de fractura de incisivos centrales superiores restaurados con postes anatomizados prefabricados en fibra de vidrio y fabricados con técnica CAD/CAM”.

Por ello, agradeceré tenga a bien brindar las facilidades necesarias (donación de dientes incisivos centrales superiores que serán utilizados en este estudio) a fin de poder desarrollar mi proyecto de investigación, el cual será de gran aporte y beneficio a nuestra profesión.

Atentamente,

Yasmidally Borda Luna  
Alumna de la Maestría en Rehabilitación Oral

## Anexo 2. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo	Categoría Escala	Valores
Poste	Los postes son complementos que se instalan en el conducto radicular (1).	Postes de fibra de vidrio de Whitepost DC y Postes de fibra de vidrio de Trilor® Arch.	Cualitativa	Dicotómica Nominal	Grupo A: Postes de fibra de vidrio fabricado por CAD/CAM.  Grupo B: Postes de fibra de vidrio prefabricado.
Resistencia a la fractura	Carga máxima que puede soportar un cuerpo después de un daño progresivo, localizado y permanente de la estructura de un material.	Los postes de fibra de vidrio de vidrio serán sometidos a prueba de fatiga en un equipo de ciclaje y la prueba de carga estática hasta la fractura, será medida en la máquina digital de ensayos universales CMT-5L.	Cuantitativa	Continua de Razón	Newton
Patrones de falla	Es la separación de un objeto o material en dos o más piezas bajo la acción del estrés	Es la superficie obtenida como consecuencia de la fractura y serán considerados como: Reparable, irreparable, catastrófico. El análisis del patrón de falla se evaluará con una lupa binocular X4-Bio-Art.	Cualitativo	Ordinal Politémico	Reparable: Tipo 1: Fractura de cementación. Tipo 2: Fractura en el tercio cervical.  Irreparable: Tipo 3: Fractura en el tercio medio. Tipo 4: Fractura en el tercio apical.  Catastrófico: Tipo 5: Fractura longitudinal.

### Anexo 3. Instrumento para la recolección de datos

N.º	Grupos	Fuerza (N)	Patrón de falla
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

## Anexo 4. Artículo empleado para el análisis crítico de literatura estomatológica

*Dental Materials Journal* 2019; 38(1): 114–119

### Fracture behaviors of maxillary central incisors with flawed root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core

Jianliang PANG<sup>1</sup>, Changfen FENG<sup>2</sup>, Xiaoru ZHU<sup>1</sup>, Bing LIU<sup>1</sup>, Tianzheng DENG<sup>1</sup>, Yuan GAO<sup>1</sup>, Ying LI<sup>1</sup> and Jie KE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Stomatology, The General Hospital of the Air Force P.L.A, No 30 Fucheng Road, Haidian District, Beijing, China

<sup>2</sup> Comprehensive Department of Stomatology, Suzhou Dental Hospital, No. 1517 Renmin Road, Gusu District, Suzhou, Jiangsu Province, China  
Corresponding author, Jianliang PANG, E-mail: 37420602@qq.com

The objective was to evaluate the fracture resistance properties of maxillary incisors with flawed canals restored with computer aided design and computer aided manufacture (CAD/CAM) integrated glass fiber post-and-core. Thirty prepared flawed root canals were selected *in vitro* and restored with CAD/CAM integrated fiber post-and-core (Group A), prefabricated fiber posts (Group B), and cast gold alloy (Group C), respectively. After submitted to fatigue loading, each specimen was subjected to a static loading until fracture. Analysis of variance (ANOVA) tests were used to determine statistical differences. The mean fracture strengths of Groups A and C were significantly higher than those of Group B, whereas no differences were observed between Groups A and C. In addition, repairable fracture modes were mostly observed in Group A while irreparable and catastrophic fractures were mostly found in Groups B and C. These results demonstrate that, in comparison to traditional treatments, CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core restoration significantly enhances the fracture resistance of flawed root canals.

**Keywords:** CAD/CAM, Glass fiber, Post-and-core, Flawed root canal, Fracture resistance

#### INTRODUCTION

Clinically, residual tooth crowns and roots with flawed root canals frequently occur in anterior or bicuspid teeth due to external injury, severe caries, dislodgment of the post-and-core etc. Because such teeth have flawed root canals with thin dentin walls, conventional treatments are often disadvantageous in terms of adhesiveness, sealability and risk of refracture<sup>1</sup>. It is thus of great importance to use post-and-core restoration techniques to repair the residual tooth crown and root in the treatment of oral rehabilitation. Different types of posts are inserted into root canals to support and strengthen the restoration, such as, titanium, gold-plated, chrome-nickel, gold-cast posts, and ceramic prefabricated posts and so on. The restoration by casting alloys and prefabricated glass fiber posts post-and-cores is usually used clinically as yet, which with usual failure modes like the post-and-core break and root fracture concerned with the quantity of residual tooth tissues, the intensity and elastic modulus of post-and-core materials. Esthetic considerations favor tooth-colored posts in the anterior maxillary region, where all-ceramic crowns are used. Light-conducting, fiber<sup>2,3</sup>, computer aided design and computer aided manufacture (CAD/CAM) blocks<sup>4-6</sup>, and all-ceramic posts are available for restorations in more esthetically demanding areas<sup>7,8</sup>.

In this study, a kind of multi-directional glass fiber-reinforced composite materials used for the preparation of integrated post-and-core products was proposed and performed by CAD/CAM technology<sup>9</sup>. It is considered as an ideal restoration way for weakened roots because of its individuality, elastic modulus similar to dentin and high suitability to root canal shape. This study aims to investigate the fracture resistance properties

of maxillary incisors with flawed canals restored with CAD/CAM integrated fiber post-and-core compared with traditional post-and-core restoration.

#### MATERIALS AND METHODS

##### Specimen selection and grouping

###### 1. Selection standard

Thirty human maxillary central incisors were selected with root length about 13 mm, normal root development, no occult defect, no caries and fillings, no internal or external absorption, and no endodontic treatment.

###### 2. Grouping

The specimens were divided randomly into three groups, Group A (experimental group, n=10): CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core system, Group B (n=10): prefabricated glass fiber posts,  $\phi$ 1.6 mm (Matchpost<sup>®</sup> RADIOPAQUE, RTD Dental, St. Egrève, France) and composite resin cores (Filtek<sup>™</sup> Z350XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA), and Group C (n=10): prefabricated cast gold alloy post-and-core (ARGEDENT Y73, ARGENT, San Diego, CA, USA) system.

##### Preparation of flawed root canal

Each maxillary central incisor was intercepted at 1 mm upper the cement-enamel junction after conventionally endodontic treatment. All canals were prepared to F3 by manual ProTaper instruments using the crown-down technique and filled routinely. After moistened at 37°C in a calorstat for 3 days, the gutta-percha was removed by Peeso reamer #2 (MANI, Utsunomiya, Japan) and the apical sealing area was remained 4 mm. Then the post space preparation of the flawed root canal was performed gradually by Pre-Shaping reamer, MANI DIA-bur

Received Nov 7, 2017; Accepted Apr 25, 2018

doi:10.4012/dmj.2017-394 J-OI J-STAGE/dmj/2017-394

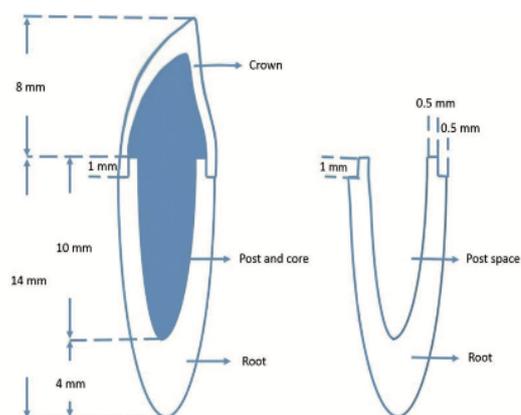


Fig. 1 Preparation requirement for flared root canal and post canal of maxillary central incisor.

(TR-11F) and Finishing reamer 1.6# (Matchpost® RADIOPAQUE, RTD Dental) with remaining cervical dentin thickness 1 mm and spacious post canal. Then the dentin shoulders of flared root canals were prepared according to conceptual Fig. 1 with remained 1 mm high and 0.5 mm thick, and right angle shoulder 0.5 mm wide. All the performance was finished by the same prosthodontics doctor.

#### Design and manufacture of CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core

The post canal digital data of the specimens of Group A were obtained with a BlueCam scanner (inEos Blue, Sirona Dental Systems, Bensheim, Germany) and the integrated glass fiber post-and-core was designed with CEREC4.0 after the data were imported into the software. The data were then transformed into STL form and the integrated post-and-core was manufactured with a milling machine (DeRTe DT-500, DeRTe (DLT) processing center Chinese office, Guangzhou, China) using a multi-directional fiber-reinforced composite material (OYA Ricom New Material Sci. & Tech., Beijing, China), a new type of epoxy matrix glass fiber resin block for cutting made by pultrusion molding, containing 62% volume fiber component and highly cross-linked polymer molecules. The CAD/CAM integrated post-and-core was finished, refined and treated with an ultrasonic washing unit (GT SONIC, Guangdong GT Ultrasonic, Guangzhou, China).

#### Bonding of the post-and-core and manufacture of the crown

The prefabricated glass fiber post  $\phi$ 1.6 mm and composite resin core in Group B and the cast gold alloy post-and-core in Group C were selected (Fig. 2). The surface of all the post-and-cores in Groups A and C were sprayed with an indicator to remove the blocking points, so as to ensure that the post-and-core was fully positioned in the root canal. The joint parts of CAD/CAM integrated glass

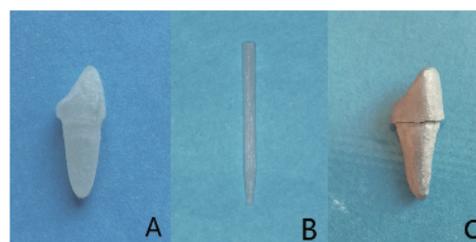


Fig. 2 Three kinds of post-and-core.  
A: CAD/CAM integrated post-and-core; B: prefabricated glass fiber post; C: cast gold alloy post-and-core.

fiber post-and-cores were cut down and ground. Then the samples were sandblasted with 100 mesh alumina under the pressure of 0.2 MPa for 3 s, 4 cm between the nozzle and the sample, and 45 degrees angle with the long axis of the post-and-core. Then the silane coupling agent (BIS-SILANE™, BISCO, Schaumburg, IL, USA) was applied on the clean bonding surface of the posts in Groups A and B, allowed to react for 30 s, and then air-dried for 5 s, while the cast post-and-core in Group C was treated by precious metal treatment agent (V-PRIMER, Sun Medical, Moriyama, Japan) before bonding. Each length of post inserted in the root canal from cement-enamel junction was 9 mm. All specimens were bonded according to specification requirements of the self-adhesive universal resin cement (RelyX™ Unicem 2, 3M, St. Paul, MN, USA), and the composite resin cores in Group B were shaped by resin (Filtek™ Z350XT, 3M ESPE). According to the size of CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core shown in Fig. 1, the shape of core part with 6 mm high core, 1 mm high and 0.5 mm thick dentin shoulder, and 0.5 mm wide right angle shoulder was prepared in Groups B and C.

The cobalt-chromium alloy metal crowns (Co-Cr, Wirobond SG, BEGO Bremer Goldschlägerei Wilh. Herbst, Bremen, Germany) with the normal morphous of maxillary central incisor in every group were made by 3D printing (EOS M280, EOS, Hamburg, Germany). The small linear plane on the junction of the middle 1/3 and the biting surface 1/3 in the tongue side of the crown was reserved and the angle of inclination of the linear plane to the tooth axis was 60 degrees. The crowns were then bonded to the post-and-cores with universal resin cement (RelyX™ U200, 3M Deutschland, Neuss, Germany).

#### Fixation of the specimens

All roots of the specimens with cement-enamel junction below 1 mm were coated with 0.2 mm thick wax layer and the coated parts were embedded in self-curing acrylic resin blocks. After the specimens were taken out after acrylic resin hardening, the wax layer on the root surface was removed and the roots are fixed in the acrylic resin blocks by silicone rubber to simulate periodontal ligament.

### Fatigue loading and static loading

The specimens were fixed to the retainer and the location of the embedded position was at the junction of coronal and middle 1/3 parts of root and adjusted to ElectroForce Mechanical Test Instruments (ElectroForce 3330, BOSE, Eden Prairie, MN, USA), and the loading head is 45 degrees to the long axis of the tooth and contacts the side of the tooth palate, as shown in Fig. 3. The specimens were loaded at a crosshead speed of 1 mm/min till to destroy after 100 N force with 6 Hz, exposed to 300,000 cycles, and the fracture loads and fracture modes of each sample were recorded.

### Statistical analysis

The data of fracture resistance strength in each group were analyzed with SPSS 19.0 statistical software, and one-way analysis of variance (ANOVA) and multiple

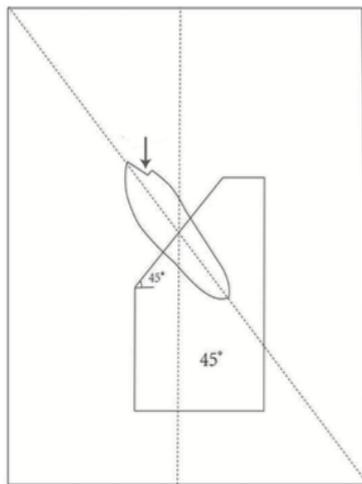


Fig. 3 Fixation and loading direction.

comparison *post hoc* Tukey tests ( $\alpha=0.05$ ) was used to determine the significance of the failure loads among different groups. According to the broken areas of the root, the fracture was divided into the repairable or irreparable fracture. The difference of fracture modes between the groups was checked by Chi-square test, and a significance level was established at 5%.

## RESULTS

The CAD/CAM integrated fiber post-and-core has been successfully designed and fabricated. The post-and-core can be positioned smoothly after a minor adjustment, and it is very fit to the inner wall of the flared root canal. No restoration failure was found after 300,000 cycling loadings; no loosening was found in the crown of the specimens; and there was no fracture line on the root surface either. The mean fracture strength was (927.6±275.6) N in Group A, (616.5±154.9) N in Group B and (967.9±157.5) N in Group C, respectively. There were no significant differences between Groups A and Group C ( $p>0.05$ ), but they were significantly higher than those in Group B ( $p<0.05$ , Table 1). The

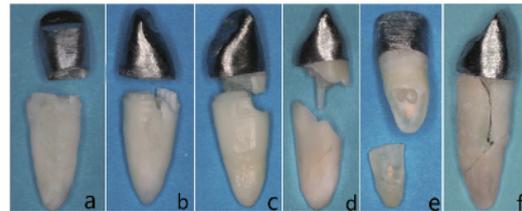


Fig. 4 The fracture modes.

a: Fracture in shoulder collar of the dentin; b, c: Fracture in coronal 1/3 part of root; d: Fracture in middle 1/3 part of root; e: Fracture in apical 1/3 part of root; f: Vertical fracture of root.

Table 1 Fracture resistance strength in three groups

Group	Number (n)	Fracture strength N/(x±s)
A	10	927.6±275.6
B	10	616.5±154.9*
C	10	967.9±157.5

\*Compared with Group A and C,  $p<0.05$

Table 2 Fracture modes in three groups

Group	Repairable fracture		Irreparable fracture			Total (n)
	a	b, c	d	e	f	
A*	2	4	3	1	0	10
B	0	3	6	1	0	10
C	0	1	1	3	5	10

\*Compared with Group B and C,  $p<0.05$ ; No difference between Group B and C,  $p>0.05$

distribution of fracture parts of static loading result is shown in Fig. 4. The modes of a, b, and c were regarded as repairable fractures and the modes of d, e, and f as irreparable ones. The results showed that there were six cases of repairable fracture and four cases of irreparable fracture in Group A, whereas there were seven and nine cases of irreparable fracture in Group B and Group C respectively (Table 2).

## DISCUSSION

In this study, maxillary incisors with flared canals were restored with three different kinds of post-and-core systems, and the fracture resistance strength and fracture modes were detected after simulated mastication loading. The results showed that CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core with similar elastic modulus to the dentin and highly fit to the root canal inner wall had higher fracture resistance and more favorably repairable fracture modes for the restoration of flared root canals. Further work is required to ascertain whether such differences will translate into improved clinical outcomes.

The strength of the root after the post-and-core restoration is closely related to the post-and-core systems, ferrule presence<sup>10</sup>, adhesive strength, residual tooth tissue, and occlusion *etc.* Previous studies showed that, the post-and-core restoration with similar elastic modulus to dentin can make the distribution of chewing stress more uniform and protect the remaining dental tissue<sup>11–13</sup>. If the rigidity of the prefabricated glass fiber post is not enough, the post is prone to deformation after repeated loading and the high stress fracture zone is easily formed at the root neck. Meanwhile, the bending of the fiber post will cause minor movement in the core, affecting the crown margin sealing, resulting in marginal fissures or secondary caries. Especially for the flared root canal, which the remaining tooth structure is less, and dentin collar height is insufficient or no, the prefabricated fiber post and root canal has poor adaptability, requiring a lot of luting cement to fill the clearance between the post and root canal wall. A large number of cement reduces the overall strength of post-and-core, and the lower load leads to fracture at root neck. It showed that restoration with fiber-reinforced post and sleeve combination was effective in reducing debonding and, hence, improving the fracture strength of pulpless premolars with flared root canals<sup>14</sup>.

The post and core with high elastic modulus may increase fracture risk in roots with flared canals by increasing the stresses within root dentin. Therefore, an individually shaped post-core system constructed with a material that has an elastic modulus close to dentin should be used in weak roots<sup>15</sup>. The fracture resistance strength of the metal cast post-and-core is obviously larger than that of the single prefabricated fiber post-and-core, which is similar to the results of Varvara *et al.*<sup>16</sup>. But the elastic modulus (100–200 GPa) of metal cast post is very higher than that of elastic modulus (18 GPa) of dentin. When the root bending deformation

occurs under occlusal stress, the post cannot deform synchronously and wedge stress appears at the tip of the post, and the force zone changes from surface contact to point contact. The huge elastic modulus difference between the metal post and dentin will make the root reach the peak value of stress instantaneously when the post is subjected to an excessive impact load, resulting in irreparable root fracture<sup>17</sup>.

Previous study results also showed that the greater the diameter of the post, the higher the fracture resistance strength after teeth restoration<sup>18,19</sup>. Custom-made zirconia one-piece posts and cores restoration is more beneficial to disperse the bite force than the prefabricated zirconia post and the cast gold alloy post and core. The one-piece of post and core is good to protect the teeth and keep the restoration intact<sup>20,21</sup>. The fiber posts reduced the stress distribution at the middle and apical part of the posts compared with the stainless steel, zirconia and titanium posts, which could affect the stability of restoration of tooth<sup>22</sup>. After precision design and processing, CAD/CAM integrated glass fiber post-and-cores underwent sandblasting for roughening treatment for fiber post-and-core surface which could improve the bonding strength between the post-and-core and dentin. The raw material of CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core used in this study is a new type of epoxy matrix glass fiber resin block for CAD/CAM cutting with a high content of glass fiber arranged in a variety of directions. The fiber is wrapped around the resin matrix and it will not spread during the cutting and sandblasting process. It cannot be broken when sandblasted with 100 mesh alumina under such a low pressure (0.2 MPa), such a short time (3 s) and so far distance (4 cm between the nozzle and the sample). The elastic modulus of the material is about 35 GPa, and the bending strength is 1,100 MPa. The integrated glass fiber post-and-core was custom-designed and manufactured according to the root canal morphology, which with similar elastic modulus to dentin, greater diameter, highly fit to the root canal, and improved self-strength of post-and-core. Therefore, it could reduce the bonding interface, transfer stress distribution more even, avoid stress concentration zone, so that the overall fracture strength was further improved<sup>23</sup>.

The bond strength affects the fracture resistance strength of the root. The bonding integrity to the cervical area would play a critical role in the survival of the restored tooth<sup>24</sup>. When the post and core are bonded, the binder combines the teeth and the post-and-core together to form a whole, called the post-cement-dentin complex. The resin cement binder may be considered as a component of the post-and-core crown system; it can not only transfer the stress to the root canal and periodontal support tissue, but also enhance the adaptability between post and root canal wall into a closed solid complex, and then effectively transfer the load to the surrounding of the tooth. In this experiment, CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core showed high adaptation to the inner walls of canal. The luting cement thickness was even and thin, which could form

a chemical bond between the cement and the post-and-core resin composite. The bond strength got higher, which further improved the resistance strength of the whole restoration. In the CAD/CAM integrated post-and-core group, there were two specimens with fractures in dentin shoulder collar and six cases in coronal 1/3 part of the root. Because the strength of the root can increase after the post-and-core was bonded, the tooth neck becomes a relatively weak position after the restoration, and then the fracture mostly occurs in the tooth neck when the stress gets greater, whereas those fractures mainly broken in root areas in the prefabricated fiber post group and cast alloy post-and-core group are considered to be irreparable. The RelyX™ Unicem 2 cement is allowed for the permanent cementation of fiber posts with high adhesive bond strength. In this study, the same Unicem 2 cement was selected for post bonding in each group in order to eliminate the effects of different bonding materials on the experimental results. But this contributed to thick resin cement layers surrounding the prefabricated glass fiber posts in Group B. The difference of the elastic modulus between resin cement and composite resin for core might have caused uneven stress distributions, probably leading to lower mean fracture strength and larger number of the mode “d” fractures.

Moreover, the dentin shoulder collar was important for fracture resistance and restoration failure<sup>25</sup>. Ferruled specimens showed greater resistance than non-ferruled ones, regardless of the cement used. There was no statistical difference between the group of specimens cemented with resin cement and without ferrule and the ferruled groups. A 2.00-mm cervical ferrule is important for fracture resistance of restored teeth, and resin cement has a better performance<sup>26</sup>. In this study, the dentin shoulder collar of the flared root canal was defined as 1 mm high, 0.5 mm thick, and 0.5 mm wide in order to simulate flared root canal morphology. The results of fracture resistance and fracture modes indicated that anterior teeth with flared root canals restored using CAD/CAM integrated fiber post-and-core could help to the protection of residual tooth tissue, and reduce the occurrence of irreparable root fractures.

Static loading test and fatigue test are the common methods for evaluating the fracture resistance of post-and-core restorations. In view of failures of clinical restorations were mostly caused by long-term use resulting in fatigue, the methods of static loading before fatigue cycles were adopted, it is in accordance with the methods of Ambica *et al.*<sup>27</sup>. The maxillary central incisor was used in this study. The cyclic loading was 100 N and the loading number was 300,000 cycles to simulate mastication of one year. When the post was implanted into the tooth, it became the main body of the conductive load of the restorations and weakened the influence of the crown material on the stress distribution. The different type of full-coverage crowns was not a significant factor affecting fracture resistance after restoration of endodontically treated teeth, whereas the presence of a post was<sup>28</sup>. The posts could contribute to

the reinforcement and strengthening of pulpless teeth. Placement of fiber posts improved the fracture from nonrestorable to restorable patterns and it is necessary to improve fracture resistance even under full-coverage crowns<sup>29</sup>. Therefore, the uniform 3D printing metal crown was used in this experiment, which could simplify the influence of irrelevant factors on the experimental results.

## CONCLUSIONS

Albeit its limitations, this current *in vitro* study has led to the following two conclusions. First, the fracture part of post-and-core with low elastic modulus is closer to the root neck which is favorable for re-restoration, while the post-and-core with high elastic modulus can transfer the occlusion stress directly and the broken parts mostly occur in the middle and the tip of the roots. Second, compared with conventional methods, CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core restoration for flared root canals can increase the overall fracture resistance of the root and reduce the occurrence of irreparable root fractures.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Beijing Municipal Science & Technology Commission No. Z151100004015201.

## REFERENCES

- 1) Takeuchi S, Sekita T, Kobayashi K. Adhesive approach using internal coping for vertical root fractured teeth with flared root canals. *N Y State Dent J* 2015; 81: 29-33.
- 2) Muttlib NA, Azman AN, Seng YT, Alawi R, Ariffin Z. Intracanal adaptation of a fiber reinforced post system as compared to a cast post-and-core. *Acta Stomatol Croat* 2016; 50: 329-336.
- 3) Galhano GA, Valandro LF, de Melo RM, Scotti R, Bottino MA. Evaluation of the flexural strength of carbon fiber-, quartz fiber-, and glass fiber-based posts. *J Endod* 2005; 31: 209-211.
- 4) Passos L, Barino B, Laxe L, Street A. Fracture resistance of single-rooted pulpless teeth using hybrid CAD/CAM blocks for post and core restoration. *Int J Comput Dent* 2017; 20: 287-301.
- 5) Marghalani TY, Hamed MT, Awad MA, Naguib GH, Elragi AF. Three-dimensional finite element analysis of custom-made ceramic dowel made using CAD/CAM technology. *J Prosthodont* 2012; 21: 440-450.
- 6) Liu P, Deng XL, Wang XZ. Use of a CAD/CAM-fabricated glass fiber post and core to restore fractured anterior teeth: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2010; 103: 330-333.
- 7) Aboushelib MN, Elsafi MH. Survival of resin infiltrated ceramics under influence of fatigue. *Dent Mater* 2016; 32: 529-534.
- 8) Ozcan N, Sahin E. In vitro evaluation of the fracture strength of all-ceramic core materials on zirconium posts. *Eur J Dent* 2013; 7: 455-460.
- 9) Feng CF, Pang JL, Liu B, Luan YY. Coronal microleakage of flared root canal teeth restored with CAD/CAM fiber post and core. *J Pract Stomatol* 2016; 32: 321-424.
- 10) Santos-Filho PC, Verissimo C, Raposo LH, Noritomi MecEng PY, Marcondes Martins LR. Influence of ferrule, post system, and length on stress distribution of weakened root-filled teeth. *J Endod* 2014; 40: 1874-1878.

- 11) Ona M, Wakabayashi N, Yamazaki T, Takaichi A, Igarashi Y. The influence of elastic modulus mismatch between tooth and post and core restorations on root fracture. *Int Endod J* 2013; 46: 47-52.
- 12) Verissimo C, Simamoto Júnior PC, Soares CJ, Noritomi PY, Santos-Filho PC. Effect of the crown, post, and remaining coronal dentin on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent* 2014; 111: 234-246.
- 13) Afroz S, Tripathi A, Chand P, Shanker R. Stress pattern generated by different post and core material combinations: a photoelastic study. *Indian J Dent Res* 2013; 24: 93-97.
- 14) Xiong Y, Huang SH, Shinno Y, Furuya Y, Imazato S, Fok A, Hayashi M. The use of a fiber sleeve to improve fracture strength of pulpless teeth with flared root canals. *Dent Mater* 2015; 31: 1427-1434.
- 15) Belli S, Eraslan O, Eraslan O, Eskitascioglu M, Eskitascioglu G. Effects of NaOCl, EDTA and MTAD when applied to dentine on stress distribution in post-restored roots with flared canals. *Int Endod J* 2014; 47: 1123-1132.
- 16) Varvara G, Perinetti G, Di Iorio D, Murmura G, Caputi S. In vitro evaluation of fracture resistance and failure mode of internally restored endodontically treated maxillary incisors with differing heights of residual dentin. *J Prosthet Dent* 2007; 98: 365-372.
- 17) Sobek J, Veselý V, Seitzl S. Combination of wedge splitting and bending fracture test-crack tip stress field and nonlinear zone extent analysis. *Adv Mater Res* 2014; 969: 67-72.
- 18) Santini MF, Wandscher V, Amaral M, Baldissara P, Valandro LF. Mechanical fatigue cycling on teeth restored with fiber posts: impact of coronal grooves and diameter of glass fiber post on fracture resistance. *Minerva Stomatol* 2011; 60: 485-493.
- 19) Pfeiffer P, Schulz A, Nergiz I, Schmage P. Yield strength of zirconia and glass fibre-reinforced posts. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 70-74.
- 20) Zhou TF, Zhang XH, Wang XZ. Three-dimensional finite element analysis of one-piece computer aided design and computer aided manufacture involved zirconia post and core. *Beijing Da Xue Xue Bao* 2015; 47: 78-84.
- 21) Kalyoncuoğlu E, Ural Ç, Aydemir H, Aslan MA, Balkaya V. Effect of 1-piece post and core fabrication techniques on fracture strength. *J Appl Biomater Funct Mater* 2015; 13: e253-258.
- 22) Madfa AA, Kadir MR, Kashani J, Saidin S, Sulaiman E, Marhazlinda J, Rahbari R, Abdullah BJ, Abdullah H, Abu Kasim NH. Stress distributions in maxillary central incisors restored with various types of post materials and designs. *Med Eng Phys* 2014; 36: 962-967.
- 23) Feng CF, Liu B, Deng TZ, Ke J, Pang JL. Fracture resistance of CAD/CAM fiber post and core for flared roots restoration. *J China Med Univ* 2016; 45: 653-655.
- 24) Kainose K, Nakajima M, Foxtton R, Wakabayashi N, Tagami J. Stress distribution in root filled teeth restored with various post and core techniques: effect of post length and crown height. *Int Endod J* 2015; 48: 1023-1032.
- 25) Yang A, Lamichhane A, Xu C. Remaining coronal dentin and risk of fiber-reinforced composite post-core restoration failure: a meta-analysis. *Int J Prosthodont* 2015; 28: 258-264.
- 26) Mezzomo E, Massa F, Libera SD. Fracture resistance of teeth restored with two different post-and-core designs cemented with two different cements: an in vitro study. Part I. *Quintessence Int* 2003; 34: 301-306.
- 27) Ambica K, Mahendran K, Talwar S, Verma M, Padmini G, Periasamy R. Comparative evaluation of fracture resistance under static and fatigue loading of endodontically treated teeth restored with carbon fiber posts, glass fiber posts, and an experimental dentin post system: an in vitro study. *J Endod* 2013; 39: 96-100.
- 28) Salameh Z, Sorrentino R, Ounsi HF, Sadig W, Atiyeh F, Ferrari M. The effect of different full-coverage crown systems on fracture resistance and failure pattern of endodontically treated maxillary incisors restored with and without glass fiber posts. *J Endod* 2008; 34: 842-846.
- 29) Salameh Z, Sorrentino R, Ounsi HF, Goracci C, Tashkandi E, Tay FR, Ferrari M. Effect of different all-ceramic crown system on fracture resistance and failure pattern of endodontically treated maxillary premolars restored with and without glass fiber posts. *J Endod* 2007; 33: 848-851.