

Resistencia a la fractura de raíces debilitadas restauradas con diferentes postes y cemento para reconstrucción de núcleo

Fracture resistance of weakened roots restored with different posts and core build-up cement

Presentado: 22 de febrero de 2024
Aceptado: 13 de diciembre de 2024
Publicado: 30 de abril de 2025

Fernando José San Millán,^a Agustina San Millán,^{b,c} Gastón Martín Lagarrigue,^d María Luisa De La Casa^e

^aUniversidad Nacional de Tucumán, Facultad de Odontología, Cátedra de Clínica de Prótesis I, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

^bUniversidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e IML, Cátedra de Fisiología Animal, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

^cUniversidad Nacional de Tucumán, Facultad de Odontología, Cátedra de Química Biológica, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

^dUniversidad Nacional de Tucumán, Facultad de Odontología, Laboratorio de ensayo de materiales, Cátedra de Biomateriales, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

^eUniversidad Nacional de Tucumán, Facultad de Odontología, Cátedra de Endodoncia, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

Resumen

Objetivo: Comparar *ex vivo* la resistencia a la fractura de piezas dentarias con paredes debilitadas reconstruidas con postes (fibra de vidrio y cuarzo) y cemento de resina dual con refuerzo para reconstrucción de núcleo, con piezas sin debilitar restauradas con igual tipo de postes cementados con cemento de resina sin refuerzo.

Materiales y métodos: Se utilizaron 40 incisivos centrales superiores tratados endodónticamente divididos al azar en 4 grupos de n=10: dos compuestos por piezas sin debilitar, restauradas con dos tipos de postes –fibra de vidrio (Grupo FV) y cuarzo (Grupo FC), cementados con cemento de resina sin refuerzo– y dos formados por piezas dentarias con paredes debilitadas y reconstruidas con igual tipo de postes reforzados con cemento de resina para reconstrucción de núcleo (Grupos CRFV y CRFC). Los especímenes fueron sometidos a la prueba de fuerza de ruptura y se examinaron visualmente para deter-

minar tipo, ubicación y dirección de las fracturas. Los datos se analizaron estadísticamente aplicando las pruebas de Anderson Darling, homogeneidad de varianzas y ANOVA de dos vías.

Resultados: Se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$) entre los dos grupos no debilitados (FV y FC) y los grupos debilitados y restaurados con cemento de resina para reconstrucción de núcleo (CRFV y CRFC), no así entre los grupos con diferentes postes (FV y CRFV) vs. los grupos FC y CRFC ($p = 0,894$).

Conclusión: La reconstrucción de raíces debilitadas con cementos para reconstrucción no logró alcanzar los valores mecánicos de raíces no debilitadas. Los dos sistemas de postes demostraron un comportamiento mecánico similar.

Palabras clave: Conducto radicular, diente no vital, endodoncia, fractura dentaria, fuerza de ruptura, postes intraradiculares.

Abstract

Objective: To compare *ex vivo* the fracture resistance of teeth with weakened walls reconstructed with posts (fiberglass and quartz) and dual-core resin cement with reinforcement, with unweakened teeth restored with the same type of posts cemented with unreinforced resin cement.

Materials and methods: 40 endodontically treated upper central incisors were randomly divided into 4 groups of n=10: two composed of unweakened teeth restored with two types of posts –fiberglass (Group FV) and quartz (Group FC), cemented with unreinforced resin cement– and two groups



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

composed of teeth with weakened walls and reconstructed with the same type of posts reinforced with resin cement (Groups CRFV and CRFC). The specimens were subjected to the breaking strength test and were visually examined to determine the type, location and direction of the fractures. Data were statistically analyzed using the Anderson Darling test, homogeneity of variances and two-way ANOVA.

Results: A statistically significant difference ($p < 0.001$) was found between the two non-weakened groups (FV and

FC) and the weakened groups restored with core resin cement (CRFV and CRFC), but not between the groups with different posts (FV and CRFV) and the FC vs CRFC groups ($p = 0.894$).

Conclusion: Reconstruction of weakened roots with core resin cements failed to achieve the mechanical values of non-weakened roots. The two post systems demonstrated similar mechanical behavior.

Key Words: Endodontics, intraradicular posts, non-vital tooth, root canal, rupture force, tooth fracture.

Introducción

La clínica y los estudios de laboratorio muestran que el diente endodonciado es más débil estructuralmente que un diente vital.¹ Diversos autores consideraron que los dientes endodonciados eran frágiles y se creía que con la utilización de retenedores intrarradicales se reforzaría la estructura dentaria.^{2,3} Actualmente, la función de un poste está relacionada a la retención del material restaurador, sin ninguna pretensión de reforzar la estructura radicular remanente.

Varios materiales se usan con el propósito de incrementar la resistencia de los dientes tratados endodónticamente. Un estudio realizado en el año 2005 verificó que la resistencia de la estructura dental se incrementa cuando el conducto radicular es restaurado con resina compuesta.⁴

En 1977 se encontró que los dientes tratados endodónticamente sin postes eran dos veces más resistentes a la fractura en comparación con aquellos restaurados con estos,⁵ lo cual fue sustentado varios años después cuando se determinó que el uso de postes no aumentó la resistencia a la fractura significativamente.⁶ Los dientes restaurados con postes metálicos preformados han demostrado altos valores de resistencia a la fractura,⁷ sin embargo, el modo de falla para estos es desfavorable y provoca fracturas irreversibles y pérdida de los dientes.⁸

Los requisitos del poste endodóntico incluyen una buena precisión de ajuste, biocompatibilidad, alta resistencia a la tracción y resistencia para la distribución favorable de las fuerzas masticatorias. Los investigadores informan que múltiples factores como longitud del poste, diámetro y espesor de dentina radicular remanente son vitales en la resistencia del diente tratado endodónticamente. Las dos mayores causas de fracasos de los postes en dientes endodonciados son el desprendimiento y la fractura de la raíz.⁹ Los ensayos estáticos son importantes para evaluar la carga máxima requerida para la rotura de una muestra. Varios estudios utilizan la prueba de resistencia a la fractura para evaluar el comportamiento de los postes de fibra.^{10,11}

Los postes presentan generalmente una organización longitudinal de las fibras (paralelas), que pueden soportar un gran esfuerzo de tracción. Por otro lado, las fuerzas de cizallamiento afectan de manera destructiva al polímero, lo que indica que la matriz de polímero es importante en el cálculo de estos valores de fractura.¹² La búsqueda permanente y continua de nuevos materiales y técnicas alternativas que brinden una solución eficaz para la restauración del diente tratado endodónticamente ha llevado a realizar estudios que analizan la resistencia a la fractura en dientes humanos utilizando postes confeccionados con dentina humana, dentina bovina y fibra de vidrio, evaluando al mismo tiempo el patrón de fractura y determinando que cuanto mayor sea la maleabilidad del poste, mayores serán las posibilidades de supervivencia de los dientes cuando se sometan a las pruebas de fractura.¹³

En el siguiente trabajo se evaluó *ex vivo* la fuerza de ruptura de piezas dentarias con paredes debilitadas reconstruidas con dos tipos de postes (fibra de vidrio o cuarzo) y reforzadas con cemento de resina compuesta para reconstrucción de núcleo, con piezas sin debilitar restauradas con igual tipo de postes cementados con cemento de resina sin refuerzo.

Materiales y métodos

Preparación de las piezas: Se utilizaron incisivos centrales superiores ($n=40$) extraídos por razones periodontales en la Cátedra de Cirugía II de la Facultad de Odontología de acuerdo al proyecto aprobado por el Comité de Ética (Res. N° 5211-25). Las piezas dentarias se colocaron en formol bufferado al 10% para su conservación y se realizaron radiografías (3 x 4 cm) postextracción con técnica por paralelismo utilizando posicionador Cone (Maquira, Brasil) de frente y de perfil para determinar la morfología de la raíz. Los criterios de inclusión para la selección de piezas dentales fueron: ausencia de caries o fracturas y fisuras en la raíz, postes o coronas y raíces rectas o derechas.

Para estandarizar los procedimientos y materiales se estableció para las piezas dentarias un largo de raíz

de 15 mm, dimensiones mesiodistales de entre 5,5 y 6 mm ± 10 y bucolinguales entre 7 y 8 mm ± 10 (cor-te transversal) que se midieron con calibre manual y digital. Luego de la selección se realizó un curetaje de superficie con cavitador ultrasónico y se descontaminaron los especímenes con hipoclorito de sodio al 2,5% durante 5 min. Se observó al microscopio óptico con aumento de 50X para determinar una posible falla o defecto en la superficie radicular. Posteriormente se seccionó cada pieza y se almacenaron en agua destilada ultrapura a 37 °C.

Tratamiento endodóntico: Los conductos radiculares se prepararon con técnica coronoapical, utilizando limas k (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) desde N°15 a N°50. Los conductos radiculares se irrigaron con hipoclorito de sodio al 2,5% durante la instrumentación entre lima y lima. Los canales se secaron y fueron obturados con sellador endodóntico (ADSEAL, cemento endodóntico a base de resina, Meta Biomed América, Colmar, Pennsylvania) y conos de gutapercha usando la técnica de condensación lateral en frío. Para finalizar se retiró el excedente de gutapercha, se compactó verticalmente y se colocaron restauraciones provisionarias con ionómero vítreo.

Las muestras se distribuyeron en 4 grupos (n=10) restaurados de acuerdo a los distintos protocolos seleccionados.

Preparación de las raíces: Los conductos se desobturaron con fresas largo de Pesso N°1 y N°2 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) hasta una profundidad de 10 mm, distribuyéndose aleatoriamente en los 4 grupos de acuerdo con el protocolo de reconstrucción correspondiente. En dos grupos no se efectuó ensanchamiento intrarradicular, mientras que los grupos restantes fueron debilitados hasta una profundidad de 5 mm usando una fresa diamantada cónica de punta redondeada N° 2135 (KG Sorensen, SP, Brasil) con una punta activa de 8 mm (con tope siliconado indicando longitud de trabajo) y con ayuda de medidores de grosor (calibre digital (Essex, China) y calibre manual tipo Iwanson (Medesy, Maniago, Italia) se hicieron mediciones constantes hasta obtener paredes dentinarias de 1 mm en el tercio cervical. Un solo operador realizó el desgaste en todos los dientes con el fin de evitar sesgos de preparación (figs. 1, 2 y 3).

Grupo FV (n=10): las raíces sin debilitar se adaptaron para recibir un poste de fibra de vidrio Tenax Fiber Trans Plus (Coltene, Whaledent AG, Altstätten, Suiza) cementado con Relyx U200 (3M Espe AG, Landsberg am Lech, Alemania).

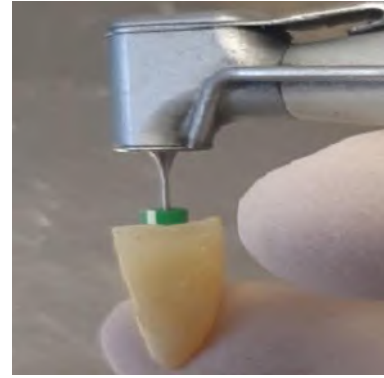


Figura 1. Instrumentación del conducto.



Figuras 2 y 3. Debilitamiento de paredes dentinarias con medición de espesor de 1 mm.

Grupo FC (n=10): las raíces sin debilitar se adaptaron para recibir un poste de fibra de cuarzo Macro-Lock Illusion (RTD, Grenoble, Francia) cementado con Relyx U200.

Grupo CRFV(n=10): previo adelgazamiento de las paredes hasta una profundidad de 5 mm, las raíces fueron reconstruidas con cemento de resina compuesta para reconstrucción de núcleo ParaCore (Coltene, Whaledent AG, Altstätten, Suiza) y poste de fibra de vidrio Tenax Fiber.

Grupo CRFC (n=10): previo adelgazamiento de las paredes hasta una profundidad de 5 mm, las raíces fueron reconstruidas con cemento de resina compuesta para reconstrucción de núcleo ParaCore y poste de fibra de cuarzo Macro-Lock Illusion.

Todos los postes (grupos FV, FC, CRFV, CRFC) fueron probados en su adaptación al conducto y recortados a 4 mm de altura coronaria por encima del nivel cervical de la raíz. Se limpiaron con alcohol al 96% y, en el caso de los grupos de raíces no debilitadas, fueron fijados adhesivamente con un cemento a base de resina de curado dual (Relyx U200) de acuerdo a las instrucciones del fabricante. En los grupos debilitados, el cemento de resina compuesta para reconstrucción de núcleo (ParaCore) ofició al mismo tiempo como cemento y refuerzo de la raíz.

Fabricación del núcleo o muñón: Se fabricaron matrices de placas termoplásticas rígidas de 0,8 mm de espesor, tomando como referencia un canino superior previamente preparado para una corona de cerámica. Una vez tallado el muñón, se utilizó un escaneo para realizar réplicas exactas con una impresora 3D sobre las cuales se estamparon las placas. Se recortaron las matrices y se probaron en el modelo de referencia y en las muestras. Posterior a la cementación de los postes, las matrices se rellenaron con resina compuesta de nanorelleno Bulk Fill (3M Espe AG, Landsberg am Lech, Alemania) y fueron colocadas sobre los postes y activadas por luz durante 40 segundos. Luego se removió la matriz y se eliminaron los excesos para obtener un núcleo de relleno de 5 mm (figs. 4 y 5).

Preparación de los especímenes: Para simular el ligamento periodontal, las raíces fueron cubiertas por una capa uniforme de cera 2 mm por debajo del margen cervical y embutidas en receptáculos cilíndricos de metal de 20 mm de diámetro con resina acrílica. Luego la estructura se sumergió en agua a 75 °C durante 1 minuto para eliminar la capa de cera, dejando un espacio entre la raíz y la resina acrílica. Alrededor de la raíz se colocó un material de impresión basado

en silicona y se introdujo nuevamente en la resina acrílica (figs. 6 y 7).

Prueba de fuerza de ruptura y tipo, ubicación y dirección de la fractura: Los especímenes se sometieron a la prueba de fuerza de ruptura en una máquina de ensayo universal INSTRON (Modelo 3369 con celda de carga de 5 KN) (figs. 8 y 9). Se aplicó una fuerza de compresión a 45° y una velocidad de 0,5 mm/min sobre la superficie lingual (en la zona supracingular) hasta la fractura. Las muestras se examinaron visualmente para determinar tipo, ubicación y la dirección de la fractura con ayuda de una lupa de mano, aplicando tintura de iodo para identificar



Figura 6. Simulación del ligamento periodontal.



Figura 4. Refuerzo con material de relleno y poste cementado.



Figura 7. Muestra en su receptáculo para el ensayo en máquina de prueba.



Figura 5. Confección del muñón estandarizado.



Figuras 8 y 9. Prueba de fuerza de ruptura en máquina de ensayo universal.

la trayectoria del trazo de fractura y el nivel al cual ocurrió. De esta manera se estableció si la fractura fue favorable o desfavorable (según se encontraba por arriba o por abajo del nivel establecido de 2 mm por debajo del límite cervical superior, cuya extrapolación clínica corresponde al límite superior de la cresta del hueso alveolar. A su vez, se calcularon las proporciones de los diferentes tipos de fracturas para los tratamientos con los dos tipos de postes.

Procedimientos de recolección de información

Instrumentos de medición: Para evaluar las distintas variables (fuerza de ruptura y tipo, ubicación y dirección de la fractura), los especímenes montados en la máquina de ensayos recibieron una carga incremental compresiva hasta desencadenar el fallo o fractura. Para la medición de fuerzas se programó la máquina de forma que se obtuviera el resultado de la máxima carga de compresión en Newton (N) con una sensibilidad del 80% (significa que cuando la fuerza “cae” un 80% por la falla o fractura, la máquina se detiene y registra el máximo valor de la fuerza compresiva). Los datos fueron volcados en una planilla Excel para su análisis estadístico.

Procesamiento y análisis estadístico de los datos: Se realizó un análisis descriptivo de la fuerza de ruptura considerando los 4 grupos. Se realizó el análisis inferencial para evaluar si los datos se corresponden a una distribución normal y se aplicó ANOVA de dos vías para la comparación entre grupos. El procesamiento y análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el software Minitab®.

Resultados

Los resultados obtenidos no demostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos reconstruidos con ambos tipos de postes (fibra de vidrio y cuarzo). Se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$) entre los grupos no debilitados y los grupos debilitados y restaurados con fortalecimiento de su estructura interna. Las fallas producidas en los grupos no debilitados fueron reparables casi en su totalidad, mientras que en los grupos “reforzados” el porcentaje de fracturas irreparables fue de entre un 30% y un 40%.

Prueba de fuerza de ruptura

-Análisis estadístico descriptivo: Los estadísticos descriptivos de las fuerzas de ruptura se muestran en la tabla 1. La representación gráfica de los datos se muestra en la figura 10. De la tabla 1 y la figura 10 se observa que los datos se distribuyen simétricamente

Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las fuerzas de ruptura (Unidad: Newton)

Grupos	Media	DE	Mediana
FC	598,64	76,53	563,15
CRFC	476,63	66,46	476,63
FV	594,26	104,69	594,26
CRFV	473,08	106,35	473,08

DE: Desvío estándar; Grupo FV: raíz sin debilitar, poste fibra de vidrio, cemento sin refuerzo; Grupo FC: raíz sin debilitar, poste fibra de cuarzo, cemento sin refuerzo; Grupo CRFV: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste fibra de vidrio; Grupo CRFC: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste de fibra de cuarzo. Esta tabla considera $n=10$ grados de libertad para la desviación estándar de cada grupo.

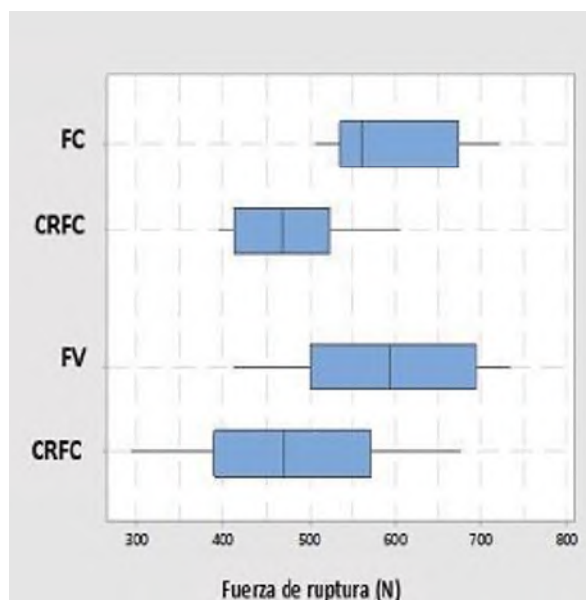


Figura 10. Fuerza de ruptura de cada grupo analizado (Unidad: Newton). Diagrama de cajas: mediana, rango intercuartílico, valores mínimo y máximo excluyendo atípicos. Grupo FV: raíz sin debilitar, poste fibra de vidrio, cemento sin refuerzo; Grupo FC: raíz sin debilitar, poste fibra de cuarzo, cemento sin refuerzo; Grupo CRFV: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste fibra de vidrio; Grupo CRFC: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste de fibra de cuarzo.

respecto de la mediana, que presenta una leve coincidencia con la media. Hay mayor resistencia para los grupos no debilitados (FV y FC) y menor dispersión en los tratamientos con poste de fibra de cuarzo.

-Análisis inferencial: Se comprueba que los datos siguen una distribución normal mediante el test de Anderson Darling. Se verifica la homogeneidad de varianzas mediante el test de Bartlett. En la tabla 2 se muestran los intervalos del 95% de confianza para las desviaciones estándar de la variable dependiente (fuerza de ruptura) por los factores (tipos de poste

Tabla 2: Intervalos de confianza para desviaciones estándar

Tipo de Fibra	Tipo de raíz	Grupo	n	DE	IC _{95%}
Cuarzo	Sin debilitar/Cemento de resina	FC	10	80,672	(50,48-178,40)
Cuarzo	Debilitada/Cemento de resina para núcleo	CRFC	10	70,054	(43,84-154,92)
Vidrio	Sin debilitar/Cemento de resina	FV	10	110,353	(69,06-244,04)
Vidrio	Debilitada/Cemento de resina para núcleo	CRFV	10	112,100	(70,15-247,91)

DE: Desviación Estándar; IC: Intervalo de confianza; Grupo FV: raíz sin debilitar, poste fibra de vidrio, cemento sin refuerzo; Grupo FC: raíz sin debilitar, poste fibra de cuarzo, cemento sin refuerzo; Grupo CRFV: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste fibra de vidrio; Grupo CRFC: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste de fibra de cuarzo. Esta tabla considera n-1=9 grados de libertad para el estimador de la desviación estándar de cada grupo.

Tabla 3: Análisis de varianza de dos factores para la fuerza de ruptura

Fuente	GL	SC	MC	F	p
Tipo de fibra	1	157	157	0,02	0,896
Raíces debilitadas y sin debilitar	1	147857	147857	16,36	0,000
Tipo de fibra * Raíces debilitadas y sin debilitar	1	2	2	0,00	0,989
Error	36	325437	9040		
Total	39	473454			

GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; MC: cuadrados medios; F: estadístico F; p: valor P del estadístico F observado; (*): Interacción de los dos factores. Valor en negrita estadísticamente significativo.

y raíces con y sin debilitar). La tabla 3 muestra que no hay interacción entre tipo de fibra y tratamiento (raíces con y sin debilitar), pues el valor p resulta 0,989. Tampoco hay diferencias significativas debida al tipo de fibra ($p=0,896$), pero si hay diferencias estadísticamente significativas respecto al tratamiento $p<0,001$. En la figura 11 se muestran las medias de los factores (tipos de fibra y raíces con y sin debilitar) y se corroboran los resultados del ANOVA.

Análisis de proporciones de tipo de fracturas:

Se observaron fracturas de tipo horizontal y oblicua, mientras que no aparecieron fracturas de tipo vertical (tablas 4 y 5).

Análisis de proporciones de modo (reparable e irreparable) de fracturas: El grupo FV no presentó ninguna fractura irreparable, mientras que en el grupo CRFV se observaron 3 especímenes con fracturas irreparables. A su vez, el grupo control FC presentó solamente 1 espécimen con fractura irreparable y el grupo experimental CRFC exhibió 4 especímenes con fracturas irreparables (tablas 6 y 7; figs. 12 y 13).

Discusión

Diferentes materiales se han combinado y propuesto por profesionales con el propósito de evitar la pérdida prematura y el restablecimiento de la función del remanente de raíz debilitado en la cavidad oral.^{14,15} Entre estos materiales están los ionómeros vítreos y resinas compuestas.¹⁶ En base a dicho criterio, para este trabajo se utilizó cemento de resina de

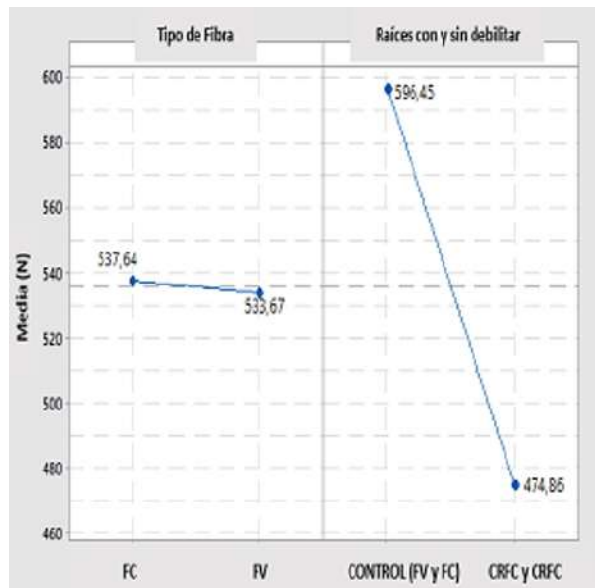


Figura 11. Prueba de fuerza de ruptura. Medias de los factores estudiados: tipo de fibra y raíces debilitadas y sin debilitar. (Unidad: Newton). Grupo FV: raíz sin debilitar, poste fibra de vidrio, cemento sin refuerzo; Grupo FC: raíz sin debilitar, poste fibra de cuarzo, cemento sin refuerzo; Grupo CRFV: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste fibra de vidrio; Grupo CRFC: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste de fibra de cuarzo.

curado dual con refuerzo, que cuenta con propiedades físicas y características estructurales que le permiten integrarse con la dentina radicular y, al mismo tiempo, actuar como material de relleno. Los resulta-

Tabla 4: Distribución de frecuencia del tipo de fractura por protocolo con poste de fibra de vidrio

Tipo de fractura	Grupo FV		Grupo CRFV		Total
	n	%	n	%	
Horizontal	3	30%	0	0%	15%
Oblicua	7	70%	10	100%	85%
Total	10	100%	10	100%	100% (20)

Grupo FV: raíz sin debilitar, poste fibra de vidrio, cemento sin refuerzo; Grupo CRFV: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste fibra de vidrio.

Tabla 5: Distribución de frecuencia del tipo de fractura por protocolo con poste de fibra de cuarzo

Tipo de fractura	Grupo FC		Grupo CRFC		Total
	n	%	n	%	
Horizontal	2	20%	0	0%	10%
Oblicua	8	80%	10	100%	90%
Total	10	100%	10	100%	100% (20)

Grupo FC: raíz sin debilitar, poste fibra de cuarzo, cemento sin refuerzo; Grupo CRFC: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste de fibra de cuarzo.

Tabla 6. Frecuencia y porcentaje de modo (reparable e irreparable) de fractura por protocolo con poste de fibra de vidrio

Modo de fractura	Grupo FV		Grupo CRFV		Total
	n	%	n	%	
Reparable	10	100%	7	70%	85%
Irreparable	0	0%	3	30%	15%
Total	10	100%	10	100%	100% (20)

Grupo FV: raíz sin debilitar, poste fibra de vidrio, cemento sin refuerzo; Grupo CRFV: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste fibra de vidrio.

Tabla 7. Frecuencia y porcentaje de modo (reparable e irreparable) de fractura por protocolo con poste de fibra de cuarzo

Tipo de fractura	Grupo FC		Grupo CRFC		Total
	n	%	n	%	
Reparable	9	90%	6	60%	75%
Irreparable	1	10%	4	40%	25%
Total	10	100%	10	100%	100% (20)

Grupo FC: raíz sin debilitar, poste fibra de cuarzo, cemento sin refuerzo; Grupo CRFC: raíz debilitada, cemento de resina dual para núcleo con poste de fibra de cuarzo.

**Figura 12.** Ejemplo de fractura tipo I reparable (sólo afecta al núcleo o muñón, no supera el límite amelocementario).**Figuras 13.** Ejemplo de fractura irreparable (hasta el tercio medio de la raíz).

dos obtenidos coinciden con los reportados en otros trabajos.^{17,18}

Con respecto a la solidez estructural, los grupos no debilitados presentaron una resistencia considerablemente mayor a la compresión que los grupos debilitados y reconstruidos con refuerzo y diferentes postes, situación coincidente con hallazgos observados en otras investigaciones.^{19,20}

Los materiales dentales reestructivos deben contener propiedades que aseguren la integridad de los dientes frente a fuerzas masticatorias.²¹ Dicho motivo respalda el uso del cemento de resina reforzado con vidrio. Si bien los resultados obtenidos coinciden con estudios previos,^{17,18,22} los valores de resistencia aquí observados entre las muestras debilitadas y reforzadas con respecto a los grupos no debilitados son superiores a los de dichas investigaciones. El cemento de resina es menos elástico que la resina compuesta, por lo tanto, su capacidad de carga es menor.²³ No obstante, en el presente estudio la capacidad de carga soportada por el cemento restructor fue similar a la de varios trabajos efectuados con resina compuesta.^{18,22} Esto podría deberse a la función adicional del cemento como restaurador de núcleo y la inclusión de un refuerzo de vidrio en su estructura que aumenta su módulo elástico.

En este estudio se utilizaron dos sistemas de postes, ambos con anatomía cilíndrico-cónica que beneficia su adaptación a la raíz preservando el remanente dentinario y distribuyen el estrés más uniformemente a lo largo de su longitud durante la función debido a sus lados paralelos.²⁴

En relación a la resistencia compresiva, los valores de fuerza correspondientes a los postes de fibra de cuarzo fueron levemente superiores a los conseguidos con postes de fibra de vidrio, al igual que otra investigación donde se observó mayor resistencia en los postes de fibra de cuarzo que en los de fibra de vidrio y fibra de carbono.²⁵ Un estudio realizado en 2017 reportó mayor resistencia a la compresión en postes de fibra de carbono en comparación a los postes de fibra de vidrio y cuarzo,²⁶ pero el mismo resultado que el presente estudio entre los postes de cuarzo y fibra de vidrio. Una posible explicación para esto sería el menor módulo elástico y resistencia a la fractura que presentan los postes de fibra de vidrio.²⁷

El cemento de resina de curado dual fue seleccionado para este trabajo porque se demostró que el uso de los mismos aumenta en forma significativa la capacidad de carga en esta situación.²⁸

La conducción lumínica está considerada como un factor que influye en la resistencia a la fractura.²⁹

Es probable que los resultados que se observan en el presente estudio al utilizar postes de fibra de vidrio y postes de fibra de cuarzo estén determinados por dicho factor cuando se los compara con otros trabajos de metodología similar.^{30,31}

Para la construcción del núcleo el material indicado fue un composite de resina de relleno masivo que permite aplicaciones en incrementos considerables de hasta 5 mm con gran profundidad de polimerización y baja medida de contracción.³²

En un estudio realizado en 2019 no se creó ninguna férula y, por lo tanto, la configuración experimental podría reflejarse como el peor de los casos,³³ al igual que en el presente trabajo, donde lo que se buscó fue generar *ex vivo* una situación que imitase la condición clínica más desfavorable para la evaluación de los diferentes protocolos reestructivos.

En lo referente a la clasificación del modo de fractura en favorable y desfavorable se seleccionó como una referencia más exacta que el tercio cervical de la raíz, el nivel de la cresta del hueso alveolar. Por encima de este límite se considera favorable o reparable y por debajo desfavorable o irreparable.³⁴ También se determinó la ubicación y la dirección. No se registraron fallas de tipo vertical: esto podría explicarse por la cualidad de los postes de fibra de distribuir las cargas uniformemente a lo largo del canal radicular. De acuerdo a los resultados observados en la ubicación del fallo, la mayor concentración de tensiones correspondió al tercio cervical, conclusiones semejantes a las obtenidas en otros trabajos.³⁵

Se puede sugerir que una mala adherencia del cemento a la dentina radicular provocó fallas adhesivas y fracturas irreparables por debajo del límite de referencia establecido (cresta del hueso alveolar). Otro factor para considerar es el módulo de elasticidad disímil entre el agente cementante utilizado y el sustrato dentinario, lo que provoca zonas de concentración de estrés y, en consecuencia, fracturas posteriores.

Si bien los valores de fuerzas de ruptura de los grupos restaurados con postes de fibra de cuarzo fueron superiores a los que empleaban postes de fibra de vidrio, estadísticamente no hubo diferencia significativa entre los dos sistemas, por lo que se recomienda el uso de ambos en casos de escaso remanente coronario, siempre y cuando la selección de los mismos contemple de manera rigurosa el conocimiento de sus propiedades físicas. Cabe aclarar que la matriz para confeccionar y estandarizar los núcleos de resina se realizó tomando como modelo un canino superior siguiendo el protocolo utilizado en trabajos previos por otros autores.³⁵

Es importante destacar que, en la actualidad, la tendencia es prescindir del uso de postes, especialmente en el sector posterior; las investigaciones³⁶⁻³⁸ están orientadas a reforzar la estructura dental utilizando fibras de polietileno tejidas a medida e impregnadas con resina adhesiva.

La mayoría de estos trabajos utiliza como muestras piezas premolares. Sin embargo, un estudio realizado hace algunos años comparó la resistencia a la fractura en premolares “reforzados” con estas fibras y postes de fibra de vidrio prefabricados concluyendo que éstos últimos mostraron una mayor carga de fractura en dientes tratados endodónticamente.³⁹

La limitación del presente estudio se basa en la falta de emulación de las condiciones específicas de la cavidad bucal (cambios térmicos, presencia constante de humedad, acción dinámica de las cargas, variaciones químicas del medio, etc.) que pueden incidir en la resistencia a la fractura del diente tratado endodónticamente cuando se somete a fuerzas compresivas. Otras limitaciones que presenta son comunes a pruebas efectuadas en dientes humanos como la aplicación de cargas estáticas, angulación fija y dimensiones específicas.³⁵ Por lo tanto, la extrapolación clínica de los resultados debe realizarse con cautela y observando con minuciosidad condiciones inherentes al paciente como la fuerza masticatoria, presencia o no de bruxismo, estado periodontal y nivel de inserción del hueso alveolar. Se requieren estudios *in vivo* con seguimiento a largo plazo para evaluar el éxito de los diferentes procedimientos rehabilitadores postendodónticos en situaciones consideradas en extremo desfavorables como la ausencia de remanente dentinario coronal y el debilitamiento y socavado de las paredes del canal radicular.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la máquina Instron analiza como una entidad el complejo diente-restauración al efectuar la prueba, sin la posibilidad de determinar el primer eslabón donde se produce la falla que lleva a la fractura ante la aplicación de la carga compresiva: interfaz cemento-dentina, cemento-poste, falla cohesiva del cemento, deformación plástica del poste, unión del material del núcleo con el poste o con el tejido dentario. Por lo tanto, como continuación de este trabajo, se podrían concebir nuevos trabajos de investigación tendientes a identificar y analizar de manera individual cada uno de los elementos que integran la muestra y poder determinar con mayor precisión el origen de la falla.

Conclusiones

En base a la prueba mecánica aplicada y los resultados obtenidos, se puede concluir que:

-La reconstrucción de raíces debilitadas con cementos para reconstrucción no logran alcanzar los valores mecánicos de raíces no debilitadas.

-El espesor del resto dental es el factor preponderante en el mantenimiento de la resistencia a la fractura.

-Los dos sistemas de postes, fibra de vidrio y fibra de cuarzo, demostraron un comportamiento mecánico similar ante la acción de las fuerzas compresivas aplicadas.

Contribución de roles de autoría

FJSM, ASM, GML y MLDLC contribuyeron en la concepción de la idea y diseño del estudio, en el análisis e interpretación de los datos, en la redacción y revisión crítica del manuscrito. FJSM, GML y MLDLC participaron en el proceso de investigación y recolección de los datos. Todos los autores aprobaron la versión final para ser publicada y son capaces de responder al respecto de todos los aspectos del manuscrito.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses en relación a este artículo científico.

Fuentes de financiamiento

Este estudio se financió en el marco de un Proyecto PIUNT 2023 y a través de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Identificadores ORCID

FJSM  0009-0005-4142-543X
ASM  0009-0001-2714-5301
GML  0000-0003-4031-1092
MLDLC  0000-0002-8585-0826

Referencias

1. Bertoldi Hepburn A. *Rehabilitación posendodóntica. Base racional y consideraciones estéticas*, 1^{ra} ed., Buenos Aires, Médica Panamericana, 2012, pp. 432.
2. Morgano SM, Brackett SE. Foundation restorations in fixed prosthodontics: current knowledge and future needs.

- J Prosthet Dent* 1999;82:643-57. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(99\)70005-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(99)70005-3)
3. Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic posts. *Quintessence Int* 1994;25:313-9.
 4. Carvalho CA, Valera MC, Oliveira LD, Camargo CH. Structural resistance in immature teeth using root reinforcements *in vitro*. *Dent Traumatol* 2005;21:155-9. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2005.00312.x>
 5. Kantor ME, Pines MS. A comparative study of restorative techniques for pulpless teeth. *J Prosthet Dent* 1977;38:405-12. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(77\)90094-4](https://doi.org/10.1016/0022-3913(77)90094-4)
 6. Keçeci AD, Heidemann D, Kurnaz S. Fracture resistance and failure mode of endodontically treated teeth restored using ceramic onlays with or without fiber posts-an *ex vivo* study. *Dent Traumatol* 2016;32:328-35. Epub 28 de diciembre 2015. <https://doi.org/10.1111/edt.12252>
 7. Silva GR, Santos-Filho PCF, Simamoto-Júnior PC, Martins LRM, da Mota AS, Soares CJ. Effect of post type and restorative techniques on the strain and fracture resistance of flared incisor roots. *Braz Dent J* 2011;22:230-7. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402011000300009>
 8. Li Q, Xu B, Wang Y, Cai Y. Effects of auxiliary fiber posts on endodontically treated teeth with flared canals. *Oper Dent* 2011;36:380-9. Epub 11 de agosto 2011. <https://doi.org/10.2341/10-283-L>
 9. Iaculli F, Rengo C, Lodato V, Patini R, Spagnuolo G, Rengo S. Fracture resistance of endodontically-treated maxillary premolars restored with different type of posts and direct composite reconstructions: A systematic review and meta-analysis of *in vitro* studies. *Dent Mater* 2021;37:455-84. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.06.007>
 10. da Silva NR, Raposo LHA, Versluis A, Fernandes-Neto AJ, Soares CJ. The effect of post, core, crown type, and ferrule presence on the biomechanical behavior of endodontically treated bovine anterior teeth. *J Prosthet Dent* 2010;104:306-17. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(10\)60146-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(10)60146-1)
 11. Akkayan B, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002;87:431-7. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.123227>
 12. Wandscher VF, Bergoli CD, de Oliveira AF, Kaizer OB, Borges ALS, da Fontoura Limberguer I, *et al*. Fatigue surviving, fracture resistance, shear stress and finite element analysis of glass fiber posts with different diameters. *J Mech Behav Biomed Mater* 2015;43:69-77. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2014.11.016>
 13. Aguiar Tavano KT, Botelho AM, Douglas-de-Oliveira DW, Ferreira Avila A, Huebner R. Resistance to fracture of intraradicular posts made of biological materials. *BMC Oral Health* 2020;20:300. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01295-0>
 14. Clavijo VGR, Reis JMSN, Kabbach W, Silva ALF, Oliveira Junior OB, Andrade MF. Fracture strength of flared bovine roots restored with different intraradicular posts. *J Appl Oral Sci* 2009;17:574-8. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572009000600007>
 15. Maccari PC, Cosme DC, Oshima HM, Burnett LH Jr, Shinkai RS. Fracture strength of endodontically treated teeth with flared root canals and restored with different post systems. *J Esthet Restor Dent* 2007;19:30-6. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2006.00060.x>
 16. Cecchin D, Farina AP, Guerreiro CAM, Carlini-Júnior B. Fracture resistance of roots prosthodontically restored with intra-radicular posts of different lengths. *J Oral Rehabil* 2010;37:116-22. Epub 1 diciembre 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2009.02028.x>
 17. Biabani-Sarand M, Bahari M, Abed-Kahnamoui M, Ebrahimi-Chaharom ME, Shahi S. Effect of intraradicular reinforcement strategies on the fracture strength of endodontically treated anterior teeth with overflared canals. *J Clin Exp Dent* 2022;14:e79-e84. <https://doi.org/10.4317/jced.58862>
 18. Öztürk C, Polat S, Tunçdemir M, Gönüldaş F, Şeker E. Evaluation of the fracture resistance of root filled thin walled teeth restored with different post systems. *Bio-med J* 2019;42:53-8. Epub 20 marzo 2020. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.12.003>
 19. Wang X, Shu X, Zhang Y, Yang B, Jian Y, Zhao K. Evaluation of fiber posts vs metal posts for restoring severely damaged endodontically treated teeth: a systematic review and meta-analysis. *Quintessence Int* 2019;50:8-20. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a41499>
 20. Ferreira Silva C, Cardoso Cabral L, Navarro de Oliveira M, da Mota Martins V, Coelho Machado A, Blumenberg C, *et al*. The influence of customization of glass fiber posts on fracture strength and failure pattern: A systematic review and meta-analysis of preclinical *ex-vivo* studies. *J Mech Behav Biomed Mater* 2021;118:104433. Epub 3 marzo 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104433>
 21. Penelas AG, da Silva EM, Poskus LT, Alves AC, Simões IIN, Hass V, *et al*. Development and characterization of biological bovine dentin posts. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019;92:197-205. Epub 30 enero 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.01.018>
 22. Moosavi H, Maleknejad F, Kimyai S. Fracture resistance of endodontically-treated teeth restored using three root-reinforcement methods. *J Contemp Dent Pract* 2008 [citado el 25 de abril de 2025];1:30-7. Disponible en: <https://www.thejcdp.com/doi/pdf/10.5005/jcdp-9-1-30>
 23. 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 1. *Quintessence Int* 2003;34:301-6.
 24. Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: A review. *Int J Prosthodont* 2001;14:355-63.
 25. Sharma S, Attokaran G, Singh KS, Jerry JJ, Ahmed N, Mitra N. Comparative evaluation of fracture resistance of glass fiber reinforced, carbon, and quartz post in endodontically treated teeth: An *in-vitro* study. *J Int Soc Prev Community Dent* 2016;6:373-6. <https://doi.org/10.4103/2231-0762.186801>
 26. Vadavadagi SV, Dhananjaya KM, Yadahalli RP, Lahari M, Shetty SR, Bhavana BL. Comparison of different post systems for fracture resistance: an *in vitro* study. *J Contemp Dent Pract* 2017;18:205-8. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2017>
 27. Bertoldi Hepburn A. Criterios para la selección de postes de base orgánica reforzados con fibras (PBORF). *RAAO*

- 2012[citado el 10 de julio de 2023];50:37-52. Disponible en: <https://www.ateneo-odontologia.org.ar/articulos/101/articulo6.pdf>
28. Naumann M, Preuss A, Frankenberger R. Load capability of excessively flared teeth restored with fiber-reinforced composite posts and all-ceramic crowns. *Oper Dent* 2006;31:699-704. <https://doi.org/10.2341/05-142>
 29. Navarra CO, Goracci C, Breschi L, Vichi A, Corciolani G, Cadenaro M, *et al.* Influence of post type on degree of conversion of a resin-based luting agent. *Am J Dent* 2012;25:17-20.
 30. Sarkis-Onofre R, Pinheiro HA, Poletto-Neto V, Bergoli CD, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Randomized controlled trial comparing glass fiber posts and cast metal posts. *J Dent* 2020;96:103334. Epub 14 de abril de 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103334>
 31. Atash R, Arab M, Duterme H, Cetik S. Comparison of resistance to fracture between three types of permanent restorations subjected to shear force: An *in vitro* study. *J Indian Prosthodont Soc* 2017;17:239-49. https://doi.org/10.4103/jips.jips_24_17
 32. Kim RJY, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *J Dent* 2015;43:430-9. Epub 10 de febrero de 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.02.002>
 33. Franz M, Özcan M. Adhesion of bulk-fill resin composites as core and intraradicular post materials only versus the use of glass-fiber posts in different regions of root dentin. *J Adhes Sci Technol* 2019;33:1410-25. <https://doi.org/10.1080/01694243.2019.1599206>
 34. Saritha MK, Paul U, Keswani K, Jhamb A, Mhatre SH, Sahoo PK. Comparative evaluation of fracture resistance of different post systems. *J Int Soc Prev Community Dent* 2017;7:356-9. Epub 29 de diciembre de 2017. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_413_17
 35. Zogheib LV, Saavedra GSFA, Cardoso PE, Valera MC, de Araújo MAM. Resistance to compression of weakened roots subjected to different root reconstruction protocols. *J Appl Oral Sci* 2011;19:648-54. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572011000600018>
 36. Sharma A, Amirtharaj LV, Sanjeev K, Mahalaxmi S. Fracture resistance of endodontically treated premolars restored with flowable short fibre-reinforced resin composite—an *in vitro* study. *Eur Endod J* 2022;7:161–6. <https://doi.org/10.14744/eej.2021.07830>
 37. Soto-Cadena SL, Zavala-Alonso NV, Cerda-Cristerna BI, Ortiz-Magdaleno M. Effect of short fiber-reinforced composite combined with polyethylene fibers on fracture resistance of endodontically treated premolars. *J Prosthet Dent* 2023;129:598.e1–598.e6. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2023.01.034>
 38. García Caballero S. Estudio comparativo *in vitro* de la resistencia a la fractura de dos diferentes restauraciones de dientes tratados endodónticamente. Tesis doctoral. México: Universidad Autónoma de Nuevo León; 2023.
 39. Thakur A, Ramarao S. A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated premolar teeth reinforced with different prefabricated and custom-made fiber-reinforced post system with two different post lengths: An *in vitro* study. *J Conserv Dent* 2019;22:376-80. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_52_19

Cómo citar este artículo

San Millán FJ, San Millán A, Lagarrigue GM, De La Casa M. Resistencia a la fractura de raíces debilitadas restauradas con diferentes postes y cemento para reconstrucción de núcleo. *Rev Asoc Odontol Argent* 2025;113:e1130414
<https://doi.org/10.52979/raoa.1130414.1257>

Contacto:

AGUSTINA SAN MILLÁN
agusanmillan2@gmail.com