

Fracture resistance of weak teeth with compromised roots rehabilitated with different materials

Resistencia a la fractura de dientes debilitados radicularmente rehabilitados con diferentes materiales

Maricela Vallejo-Labrada,¹ Andres Salas²

¹Rehabilitadora Oral. Grupo de investigación GIOD. Facultad de Odontología-Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto.
E-mail: maricela.vallejo@campusucc.edu.co

²Odentólogo Magister en Epidemiología. Grupo de investigación GIOD, Facultad de Odontología-Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto. Email: andres.salas@ucc.edu.co

Recibido: marzo de 2014. Aprobado: noviembre de 2014

Abstract

Introduction and objective:

The preservation and restoration of weak teeth with compromised roots has been considered to be a slightly predictable procedure because there are factors that predispose to failure. This condition appears frequently, and an alternative to rehabilitation is to reinforce the radicular surface in order to improve the stability and retention of the retainer. The objective of this study was to evaluate the resistance to fracture of teeth with debilitated roots and reconstructed with glass ionomer combined with different retainers and compared with teeth with weakened roots without reconstruction.

Materials and methods:

60 uniradicular premolars with similar characteristics were selected and divided randomly into 6 groups, 30 teeth were internally debilitated to 1mm and later reinforced with glass ionomer. The samples were submitted to a compressive load on an Instron Universal Testing Machine with 45° angulation. Afterwards, fracture sites in each of the samples were identified using a magnifier 4X converging lens at a distance of 25 cm.

Results:

Statistically significant differences were observed regarding the root condition ($P < 0.05$), demonstrating that teeth with root reinforcement did not improve significantly their resistance to fracture.

Forma de citar: Vallejo-Labrada M, Salas A Resistencia a la fractura de dientes debilitados radicularmente rehabilitados con diferentes materiales. Rev CES Odont. 2014; 27(2) pág 69-80

Conclusion:

The conservation of tooth structure is most important than the type of reinforcement with dental materials. The physical and chemical characteristics of the ionomers allow they can be used in undermined areas without increasing ultimate compressive strength of tooth structure, providing only stability of the retainer.

Key words:

Endodontically-treated teeth, Tooth fracture , Non vital teeth, Compressive strength, Materials testing.

Resumen

Introducción y objetivo:

La preservación y restauración de dientes debilitados radicularmente se ha considerado como un procedimiento poco predecible debido a que existen factores que predisponen al fracaso. Esta condición se presenta frecuentemente y una alternativa para su rehabilitación es reforzar la superficie radicular para mejorar la estabilidad y retención del retenedor. El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia a la fractura de dientes debilitados radicularmente reconstruidos con ionómero de vidrio en combinación con diferentes retenedores comparados con raíces debilitadas sin refuerzo radicular.

Materiales y métodos:

60 premolares uniradiculares con similares características fueron seleccionados y divididos aleatoriamente en 6 grupos, 30 dientes fueron internamente debilitados a 1mm y posteriormente reforzados con ionómero de vidrio. Los especímenes fueron sometidos a carga compresiva en una maquina de ensayos universal Instron con una angulación de 45°. Posteriormente se identificaron los sitios de fractura con ayuda de una lupa 4X de lente convergente a una distancia de 25 cm.

Resultados:

Resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas en relación a la condición radicular ($P < 0.05$), demostrando que dientes con refuerzo radicular no mejora considerablemente la resistencia a la fractura.

Conclusión:

La conservación de la estructura dentaria es más importante que el tipo de refuerzo con materiales dentales. Las características físicas y químicas de los ionómeros permiten su empleo en zonas de socavado, sin aumentar la resistencia compresiva final de la estructura dentaria, brindando únicamente estabilidad del retenedor.

Palabras clave:

Diente tratado endodónticamente, Fractura dentaria, Diente no vital, Resistencia compresiva, Ensayo de materiales.

Introducción

La rehabilitación de dientes tratados endodónticamente merece especial atención, ya que por lo general deben ser sometidos a ciertos procedimientos clínicos que les garanticen durabilidad. El objetivo de este tratamiento consiste en restablecer la estructura dental perdida y la capacidad autoprotectora del diente en un esfuerzo por prevenir la fractura. La restauración debe llevarse a cabo con los métodos de tratamiento más lógicos, simples y predecibles, teniendo siempre en cuenta que un exceso de instrumentación puede llevar a una pérdida dentaria (1).

Dientes uniradiculares tratados endodónticamente con paredes delgadas cerca de la parte cervical representan un reto para el odontólogo restaurador, quien debe tratar de reforzar la estructura dentaria remanente y al mismo tiempo lograr mayor retención y resistencia para los postes seleccionados. (2-3) Cuando el diente es estructuralmente débil en la zona cervical, el riesgo de fractura aumenta considerablemente. La parte cervical del diente se somete a compresión significativa, a tracción, y fuerzas de torsión durante la función normal y el bruxismo (4-5).

El incremento en el uso de restauraciones para dientes debilitados, debe solventar las demandas estéticas y funcionales que aumentan con el transcurso de los años. Una restauración ideal debe ser capaz de usarse en diferentes situaciones clínicas e incluso abarcar la restauración de dientes con condiciones desfavorables, que sean capaces de resistir fuerzas de masticación y parafuncionales, y resistir los ataques mecánicos y químicos del medio oral por un periodo prolongado de tiempo. Muchos de los materiales disponibles en el mercado permiten lograr resultados estéticos satisfactorios y pronosticables, pero difícilmente alcanzan los requerimientos de fuerza flexural.

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de materiales con mejores propiedades mecánicas, que debido a la diferencia en el comportamiento entre el material del retenedor y la dentina, es un parámetro crítico para la transmisión de los esfuerzos ocasionados por las cargas funcionales, por lo tanto se ha potencializado la utilización de materiales reforzados con fibra en odontología restaurativa debido a que este tipo de material ha sido una alternativa en la restauración de dientes tratados endodónticamente por su módulo de elasticidad similar a la dentina.

Los dientes tratados endodónticamente con raíces o paredes debilitadas presentan un desafío a la odontología restauradora. Los daños estructurales de la raíz puede ser el resultado del desarrollo inmaduro, caries dental, sobreinstrumentación, restauraciones previas con postes excesivamente largos, fracturas o resorción interna (6-7).

Algunos autores (8-9), han defendido que los dos factores que determinan si un poste es necesario o no para restaurar dientes comprometidos tratados endodónticamente: es la cantidad de dentina remanente para retener la restauración y la naturaleza de la estructura interna radicular.

Varios materiales han sido utilizados para rellenar defectos a nivel radicular con el objetivo de aumentar la resistencia de las raíces debilitadas, como los cementos de ionómero de vidrio convencionales e híbridos y resinas compuestas (6-10-12).

El propósito de este estudio fue evaluar la resistencia a la fractura de dientes debilitados radicularmente y reconstruidos con ionómero de vidrio en la porción cervical en combinación con diferentes retenedores comparados con raíces debilitadas sin reconstrucción usadas como grupo control.

Materiales y métodos

Se hizo un estudio experimental ex vivo controlado aleatorizado en 60 dientes recién extraídos con similares dimensiones que fueron seleccionados para este estudio. Los dientes fueron examinados con una lupa 4x para descartar la presencia de fracturas. Radiografías en sentido meso-distal y vestíbulo lingual fueron tomadas en cada diente para determinar anatomía interna similar. Posteriormente fueron distribuidos aleatoriamente 10 dientes en cada grupo con una función del programa Excel. (Tabla 1). Las coronas fueron removidas dejando 2 mm de efecto ferrule con discos hiperflex diamante (Ø 18mm 0.3 mm ancho). Para el tratamiento endodóntico la técnica de preparación step-back fue usada con limas flexo-file primera serie de 25 mm (Dentsply/Maillefer Instruments SA, Ballaigues-Suiza) y para la irrigación

hipoclorito de sodio al 1% y posteriormente fueron obturados con conos de gutapercha (Dentsply) y cemento Topseal (Dentsply) usando la técnica de condensación lateral. Después de 8 días se realiza la desobturación con fresas GattesGliden (Dentsply/Maillefer Instruments SA, Ballaigues-Suiza), dejando 4 mm de selle apical. Para los grupos con retenedor prefabricado se prepararon con fresas específicas fiber lux™ tamaño 4, para este fin. Se debilitaron todos los dientes en la porción cervical hasta obtener un espesor de 1 mm medido con un calibrador y se verificó radiográficamente para asegurar que las raíces tuvieran similar espesor de paredes dentinarias. Para reproducir la situación clínica y proporcionar resultados más acertados, las raíces fueron embebidas en resina acrílica en cubos de 2x2 a una distancia de 2 mm del límite amelocementario para simular el hueso alveolar.

Los grupos se distribuyeron de la siguiente forma:

Tabla 1. Distribución de grupos según el tratamiento aplicado

Grupo	No Dientes	Refuerzo	Retenedor
Control	10	Sin Refuerzo	Colado Oro
Test	10	Vitremer	Colado Oro
Control	10	Sin Refuerzo	Fibra De Vidrio
Test	10	Vitremer	Fibra De Vidrio
Control	10	Sin Refuerzo	Titanio
Test	10	Vitremer	Titanio

Grupo 1-Sin refuerzo radicular y retenedor colado

Un patrón de núcleo fue obtenido en Resin 74 (Stodent- INT®) con una porción coronal de 4 mm que fue duplicada en polivinilsiloxano (Elite; Zhermack, Badio Polinese, Rovigo, Italy) para estandarizar la forma y altura del muñón, para el colado se utilizó oro tipo III (Argenco 18, dental alloy manufacturers) El retenedor se cemento con ionómerotipo I (fuji GC) de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Grupo 2-Con refuerzo radicular y retenedor colado

Se realizó el refuerzo radicular utilizando ionómero de vidrio Vitremer (3M) con un FP3 pediátrico para adicionar el material hasta conseguir paredes radiculares de 2mm. Se comprobó con calibrador y radiográficamente el espesor requerido. El retenedor fue obtenido en Resin 74 (stodent-INT®) con una porción coronal a partir de la matriz de silicona con la que se estandarizo y fue colado en oro tipo III (Argenco 18, dental alloy manufacturers).

Posteriormente se cemento con ionómero tipo I (fuji GC) de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Grupo 3-sin refuerzo radicular y poste prefabricado en fibra de vidrio

Se realizó la preparación intraconducto con fresas estandarizadas Fiber Lux tamaño 4, Se utilizaron postes prefabricados de forma paralela Fiber Lux™ tamaño 4 (coltene, Whaledent Cuyahoga fall. OH/USA) y se cementó con paracemt (coltene, waladent) de acuerdo a las instrucciones del fabricante, posteriormente el muñón se hizo utilizando Paracore (Coltene,-Waladent) de la forma y altura establecida con la matriz, y la preparación con una línea de terminación en chanfer pesado.

Grupo 4-con refuerzo radicular y poste prefabricado en fibra de vidrio

El refuerzo radicular se hizo de la misma forma que en el grupo 2. Se realizó la preparación intraconducto con fresas estandarizadas Fiber Lux tamaño 4, se cementó el poste de fibra paralelo (coltene, Whaledent Cuyahoga fall. OH/USA), con cemento Paracemt (coltene, waladent) según las instrucciones del fabricante. Posteriormente se fabricó el muñón con paracore de la forma y altura establecida con la matriz, y la preparación con una línea de terminación en chanfer pesado.

Grupo 5- sin refuerzo radicular y poste prefabricado en titanio

Se utilizaron postes prefabricados en titanio Tenax No. 2 TE T-14 (coltene, Whaledent Cuyahoga fall. OH/USA) y se cementaron con Paracemt (coltene, waladent) de acuerdo a las instrucciones del fabricante, posteriormente se realiza el muñón utilizando Paracore (Coltene,-Waladent) de la forma y altura establecida con la matriz, y la preparación con una línea de terminación en chanfer pesado.

Grupo 6- con refuerzo radicular y poste prefabricado en titanio

El refuerzo radicular se hizo de la misma forma que en el grupo 2. Se realizó la preparación intraconducto con fresas específicas y se cementó el poste de titanio Tenax (coltene, Whaledent Cuyahoga fall. OH/USA), con Paracemt según las instrucciones del fabricante y posteriormente

el muñón con Paracore realizando una línea de terminación en chanfer pesado.

Test de Resistencia a la Fractura

Todos los especímenes fueron sometidos a carga compresiva con una velocidad de 5mm/min [13-14] en una maquina universal de pruebas Instron (5 KN) hasta que sucediera la fractura. Para llevar a cabo el test, un dispositivo en acero inoxidable fue fabricado con un espacio en relación con el plano horizontal de 45°(Figura 1) y con una concavidad de forma cuadrada de 2x2 en el centro, donde los especímenes fueron insertados. Posteriormente se identificaron los sitios de fractura en cada una de las probetas con ayuda de una lupa 4X de lente convergente a una distancia de 25 cm, identificando en que tercio ocurrió la falla. Considerando fractura favorable la que ocurrió a nivel cervical y desfavorable a nivel de tercio medio y apical.

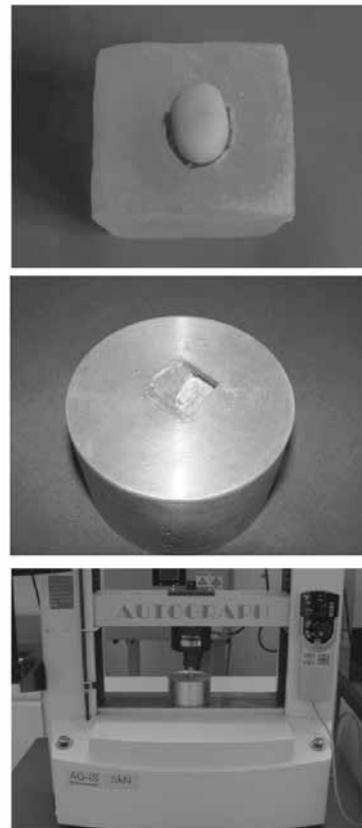


Figura 1. Diseño Prueba de Resistencia a la fractura

Análisis estadístico

Los datos fueron tabulados y analizados en el programa SPSS versión 17.0 Para determinar la resistencia a la fractura (Kg/f), según cada grupo experimental comparado con el grupo control, se evaluó la distribución normal con la prueba Shapiro-Wilk donde la variable resistencia se distribuye normalmente y se determinó la igualdad de varianzas con el estadístico de Levene. Posteriormente se realizó un análisis de Varianza (ANOVA a una Vía) con un nivel de significancia < al 5% y se aplicó la prueba post-hoc para evidenciar cuáles de los grupos presentan diferencias entre sí. El tipo de falla se evaluó delimitando los tercios radiculares y coroneales, posteriormente se colocó los dientes en azul de metileno, para verificar la línea de fractura en cada una de las muestras con ayuda de una lupa 4x de lente convergente a una

distancia de 25 cm, identificando en que tercio ocurrió la falla.

Aspectos éticos

Al considerar los parámetros éticos se plantea que la investigación es sin riesgo debido a que es un estudio "ex vivo", no se involucran variables biológicas, fisiológicas, psicológicas ni sociales de personas o seres vivos.

Para realizar la recolección de la muestra fue necesario el diligenciamiento de un consentimiento informado, avalado por el comité de ética de la Universidad Cooperativa de Colombia-sede Pasto, en el cual los pacientes estuvieron de acuerdo en que los dientes que fueron extraídos por consideraciones ortodónticas se utilizarían posteriormente en el proyecto.

Resultados

Tabla 2. Resumen descriptivo de la carga estática soportada por los diferentes grupos, hasta obtener el punto de fractura

Tratamiento	Media	Desv. típ.	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
			Límite inferior	Límite superior		
Dientes sin reconstrucción y retenedor en oro	117,62	27,61	97,87	137,37	90,37	180,37
Dientes con reconstrucción y retenedor en oro	113,79	14,10	103,71	123,88	97,88	144,54
Dientes sin reconstrucción y retenedor fibra	49,38	14,15	39,25	59,51	32,25	74,21
Dientes con reconstrucción y retenedor fibra	60,77	14,60	50,32	71,22	41,34	80,21
Dientes sin reconstrucción retenedor titanio	61,06	16,17	49,49	72,63	38,97	81,94
Dientes con reconstrucción retenedor titanio	49,57	14,49	39,20	59,94	35,76	78,25

La mayor resistencia a la carga fue exhibida por los dientes sin reconstrucción y rehabilitados con retenedores colados (grupo 1) en comparación con los grupos de postes prefabricados (grupos 3, 4, 5, 6), demostrando que requieren mayor tiempo para que suceda el punto de fractura, haciéndolos más resistentes a la carga aplicada. (Tabla 2)

En la prueba post-hoc se concluyen que los grupos rehabilitados con retenedores prefabricados, independiente de poste en fibra de vidrio o de titanio estadísticamente se comportaron similares, pero al comparar estos grupos con aquellos que tienen retenedores en oro tipo III (grupo 1 y 2) las diferencias son estadísticamente significativas. (Tabla 3). Estos grupos mostraron valores

relativamente mayores de resistencia a la fractura (117,62 y 113,79) respectivamente. (Figura 2)

Tabla 3. "Prueba post-hoc para la variable carga" Kg/f Student-Newman-Keuls

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
	10		117,62
1	10		113,79
2	10		
3	10	60,77	
4	10	49,57	
5	10	61,06	
6		49,38	
	Sig.	.451	.628

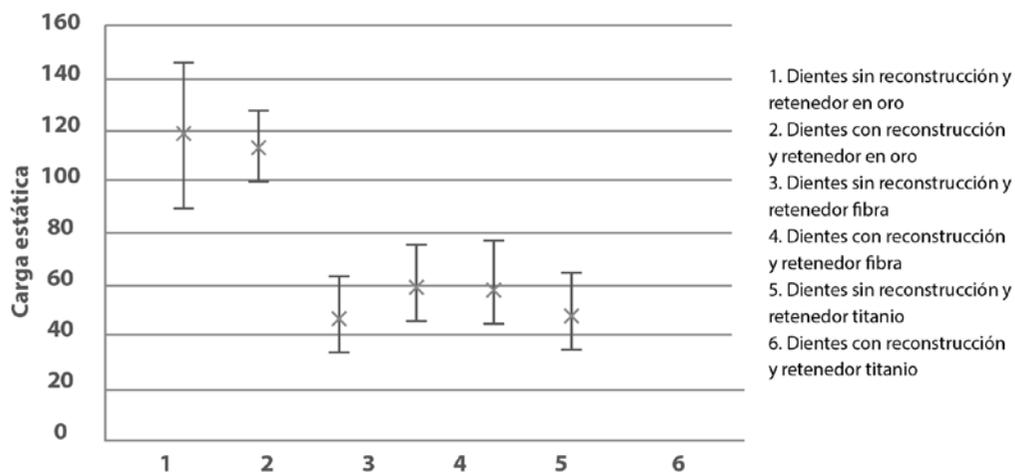


Figura 2. Promedio e intervalo de confianza del 95% de la distribución de la carga según el grupo

Los resultados obtenidos acerca de la localización de la fractura en los diferentes grupos emiten los siguientes resultados. Para dientes rehabilitados con retenedores prefabricados, la zona de mayor concentración de esfuerzos y donde sucedió la fractura se ubicó en la porción coronal a nivel del muñón en un 100% de las muestras, donde las fracturas son favorables mejorando su capacidad

de reparación, por el contrario, en dientes con retenedores colados se observó la falla en un 75% a nivel del margen cervical, donde existe la posibilidad de mejorar el pronóstico y un 25% a nivel del tercio medio donde son consideradas como desfavorables y sin posibilidad de reparación, lo que conlleva posiblemente a una exodoncia. (Figura 3)

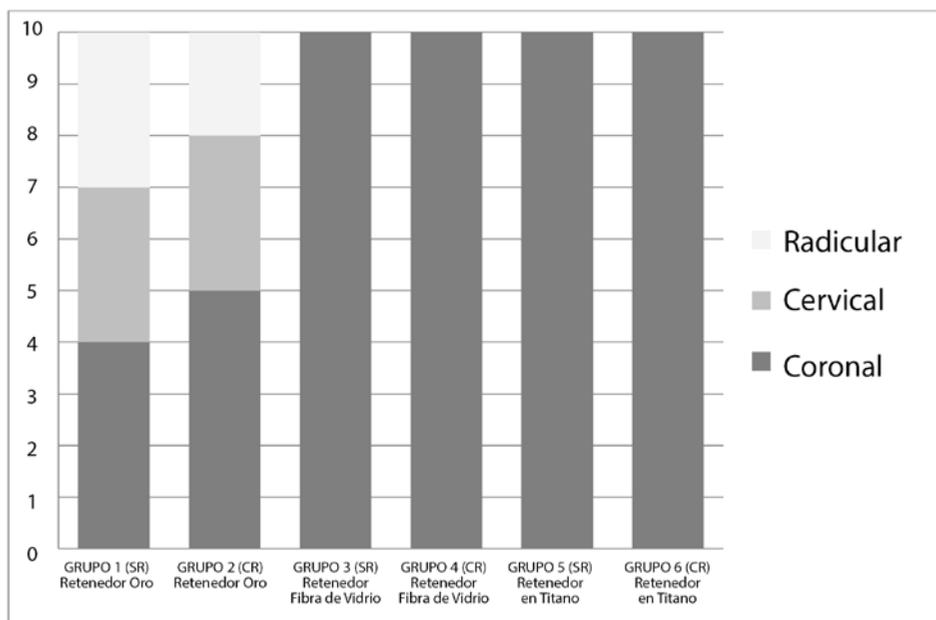


Figura 3. Localización de fracturas según el retenedor utilizado

Discusión

La falta de soporte dentinario en la porción coronal radicular representa problemas para la rehabilitación si estos dientes no vitales necesitan ser preservados.

Si el volumen de dentina radicular remanente después de la preparación considerado como el factor más relevante en la resistencia a la fractura (16-19), no ha sido conservado se puede recurrir, a una técnica llamada "técnica de refuerzo radicular" mediante el fortalecimiento interno de la pared delgada de dentina. Cuando la raíz debilitada se reconstruye internamente con materiales dentales adhesivos adecuados, la raíz es dimensional y estructuralmente reforzada para soportar y retener un poste y/o núcleo para continuar con la función del diente (7). Para este estudio fue seleccionado un material restaurativo ionómero de vidrio (vitremer) debido a sus propiedades mecánicas considerado como apropiado para reforzar las paredes delgadas a nivel radicular y garantizar un mejor pronóstico de los dientes debilitados.

Trope (20), al estudiar la resistencia a la fractura en dientes con endodoncia, concluye que la técnica de utilizar resina compuesta para reforzar las paredes radiculares debilitadas las mantiene unidas, lo que aumenta la resistencia a la fractura y permite que el diente siga funcionando, en lugar de ser extraído. Similarmente Lui (6), utilizando la técnica de grabado ácido y resina compuesta como refuerzo a las paredes de la raíz, también demostró un aumento en la resistencia a la fractura, permitiendo la estabilidad de la función y la continuidad del diente en boca.

En esta investigación al aplicar carga compresiva mostró cambios en los esfuerzos inducidos en los dientes. Existen diferencias significativas en la distribución de los esfuerzos en los dientes tratados endodónticamente y rehabilitados con postes prefabricados (fibra de vidrio y titanio) y colados (metal noble) al realizar refuerzo radicular o dejar las paredes debilitadas.

Después de la aplicación de la carga, el presente estudio muestra que los dientes sin refuerzo

radicular y retenedor en oro resisten mayor carga en comparación con los dientes rehabilitados con postes de titanio y fibra de vidrio los cuales tuvieron un comportamiento similar. Una posible explicación para estos resultados puede ser la perfecta adaptación de los núcleos colados a las paredes del conducto radicular, ya que son estructuras homogéneas (21), que reproduce las paredes internas. De acuerdo con Fraga et al., en 1998 (22), los altos valores de dureza de estas aleaciones también explicarían los mejores resultados relacionados con retenedores colados.

Además los resultados afirman que realizar refuerzo radicular no aumenta de forma significativa la resistencia a la fractura. Demostrando que en los casos de paredes radiculares delgadas, el uso de ionómero de vidrio y postes de fibra de vidrio no reconstruye las raíces con el mismo nivel de resistencia a la fractura como los de paredes no reforzadas. Esto es de acuerdo con lo encontrado por Marchi et al (12), quienes mostraron que el refuerzo radicular no recupera completamente la resistencia a la fractura de las raíces. Sin embargo, las conclusiones de estudios previos Mendonza DB et al. (10), y Saupe WA., en 1996 (11), sugieren que reforzar las paredes radiculares puede actualmente ser una alternativa viable para reducir la incidencia de fractura.

En relación con el modo de falla, la mayoría de los dientes con núcleos colados tuvieron fallas no reparables, tales como oblicua o fracturas horizontales en la parte radicular, esto sugiere que núcleos colados transfieren el esfuerzo aplicado a la raíz, lo que resulta en fracturas irreversibles (23,24).

Un estudio retrospectivo informó que el 13,2% de los dientes tratados con endodoncia restaurados con núcleos colados tuvo complicaciones, como fractura radicular (25).

En este estudio el sitio de mayor frecuencia de fractura para dientes rehabilitados con retenedores

colados, se presentó a nivel cervical y tercio medio radicular a diferencia de los retenedores prefabricados quienes presentan falla en sitios reparables o a nivel del muñón. Con respecto a esto Heydecke et al en 2002 (26), Martins LR. en 1995 (27), Bex RT en 1992 (28), se puede decir que los dientes debilitados radicularmente restaurados con núcleos colados muestran una alta incidencia de fracturas radiculares desfavorables, ya que el núcleo actuaría como una cuña predisponiendo a la falla.

Además, las interfaces de materiales con diferente módulo de elasticidad representan el punto débil en el sistema de restauración que puede influir en la distribución de la tensión. Por lo tanto, la fuerza de la estructura de la raíz debilitada se ve afectada por el material como por el diseño del poste (29).

Por el contrario, relacionaron bajos niveles de estrés en dientes con postes prefabricados donde se encontraron fallas recuperables, como la fractura de retenedores o a nivel de la reconstrucción coronal.

Algunos estudios "in vitro", confirman que los postes de fibra de vidrio producen menor índice de fracturas radiculares que los postes metálicos y retenedores colados (30-32); y en estudios "in vivo" conducidos por Fredriksson et al (33), y Ferrari et al (34), mencionan ausencia de fractura radicular en dientes restaurados con postes de fibra de vidrio, debido a que presentan propiedades físicas similares a la dentina (35-36), lo que genera menor transferencia de stress en las estructuras radiculares disminuyendo la probabilidad de fractura radicular (37).

En resumen, los resultados de este estudio demuestran que en casos de raíces severamente debilitadas, con una pared muy delgada de dentina, el uso de materiales restaurativos adhesivos no reconstruye las raíces para presentar los mismos niveles de resistencia a la fractura como los

dientes que han conservado la mayor cantidad de estructura remanente, lo único que mejora es la estabilidad del retenedor.

Conclusiones

El grupo de dientes sin reconstrucción y retenedor colado en oro mostró los más altos valores de resistencia a la fractura, debido a la mejor distribución del stress a lo largo del eje longitudinal del diente.

Las características físicas y químicas de los ionómeros (algunas semejantes a la de la estructura

dentaria) permiten su empleo en zonas de socavado, sin aumentar la resistencia compresiva final de la estructura dentaria.

No existe diferencia significativa entre los dientes que no tienen reconstrucción y aquellos con refuerzo radicular independiente del retenedor utilizado.

Es la conservación de la estructura dentaria y no el tipo de refuerzo con materiales dentales los que le dan la resistencia compresiva.

Referencias

1. Luebke R, Mullaney T. La endodoncia en la práctica general. En: Morris A, Bohannon H, Casullo D. Las especialidades odontológicas en la práctica general. Barcelona: Editorial labor S. A; 1987. p 565-575.
2. Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronal reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent. 1984;51(6):780-784.
3. Standlee JP, Caputo AA. The retentive and stress distributing properties of split threaded endodontic dowels. J Prosthet Dent. 1992;68(3):436-442.
4. Caputo AA, Standlee JP. Biomechanics in clinical dentistry. Berlin: Quintessence Publishing; 1987;21-27.
5. Craig RG, Farah JW. Stress analysis and design of single restorations and fixed bridges. Oral Sci Rev. 1977;10:45-74.
6. Lui JL. A technique to reinforce weakened roots with post canals. Endod Dent Traumatol. 1987;3(6):310-314.
7. Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic post. Quintessence Int. 1994;25(5):313-319.
8. Christensen GJ. Posts and cores: state of the art. J Am Dent Assoc. 1998; 129(1):96-97.
9. Chalifoux PR. Esthetic restoration of endodontically treated teeth: factors that affect prognosis. J Esthet Dent. 1998;10(2):75-83.

10. Mendonza DB, Eakle S, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent.* 1997;78(1):10-14.
11. Saupe WA, Gluskin AH, Radke RA. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. *Quintessence Int.* 1996; 27(7): 483-491.
12. Marchi GM, Paulillo LAMS, Pimenta LAF, Lima FAP. Effect of different filling materials in combination with intraradicular posts on the resistance to fracture of weakened roots. *J Oral Rehabilitation.* 2003;30(6):623-629.
13. Bortoluzzi EA, Souza EM, Reis JM, Esberard RM, Tanomaru-Filho M. Fracture strength of bovine incisors after intra-radicular treatment with MTA in an experimental immature tooth model. *Int Endod J.* 2007;40(9):684-691.
14. Carvalho CA, Valera MC, Oliveira LD, Camargo CH. Structural resistance in immature teeth using root reinforcements in vitro. *Dent Traumatol.* 2005; 21(3): 155-159.
15. Melo MP, Valle AL, Pereira JR, Bonachela WC, Pegoraro LF, Bonfante G. Evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts and composites with varying quantities of remaining coronal tooth structure. *J Appl Oral Sci.* 2005;13(2):141-146.
16. Mattos CM, Las Casas EB, Dutra IG, Sousa HA, Guerra SM. Numerical analysis of the biomechanical behaviour of a weakened root after adhesive reconstruction and post-core rehabilitation. *J Dent.* 2012;40(5):423-432.
17. Whang SB. Resistance to root fracture of dowel channels with various thicknesses of buccal dentin walls. *J Prosthet Dent.* 1985;53(4):496-500.
18. Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont.* 2001 Jul-Aug;14(4):355-363.
19. Morgano SM. Restoration of pulpless teeth application of traditional principles in present and future contexts. *J Prosthet Dent.* 1996;75(4):375-380.
20. Trope M, Maltz DO, Tronstad L. Resistant to fracture of restored endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1985;1(3):108-111.
21. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent.* 1999;27(4): 275-278.
22. Fraga RC, Chaves BT, Mello GS, Siquiera JF Jr. Fracture resistance of endodontically treated roots after restoration. *J Oral Rehabil.* 1998;25(11): 809-813.
23. Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002;87:431-437.

24. Fokkinga WA, Kreulen CM, Vallittu PK, Creugers NH. A structured analysis of in vitro failure loads and failure modes of fiber, metal, and ceramic post-and-coresystems. *Int J Prosthodont* 2004;17:476–482.
25. Willershausen B, Tekyatan H, Krummenauer F, Briseno Marroquin B. Survivalrate of endodontically treated teeth in relation to conservative vs post insertion techniques—a retrospective study. *Eur J Med Res* 2005;10:204–208.
26. Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different posts and core systems: an in vitro study. *J Dent*. 2001;29(6): 427-433.
27. Martins LR. Avaliação da resistência à fratura de raízes debilitadas reconstruídas morfológicamente com materiais adesivos. Faculdade de Odontologia da UNICAMP; 1995.
28. Bex RT, Parker MW, Judkins JT, Pelleu GB Jr. Effect of dentinal bonded resin post-core preparations on resistance to vertical root fracture. *J Prosthet Dent*. 1992;67(6):768-672.
29. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*. 1994 Jun;71(6):565-567.
30. Isidor F, Ödman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont*. 1996; 9:131-136.
31. Dean JP, Jeansonne BG, Sarkar N. In vitro evaluation of a carbon fiber post. *J Endod*. 1998; 24:807-810.
32. Zogheib LV, Pereira JR, do Valle AL, de Oliveira JA, Pegoraro LF. Fracture resistance of weakened roots restored with composite resin and glass fiber post. *Braz Dent J*. 2008;19(4):329-333.
33. Fredriksson M, Astback J, Pamenius M, Arvdison K. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J Prosthet Dent*. 1998; 80:151-157.
34. Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-resin forced epoxy-resin posts and cast post-an-care. *Am J Dent*. 2000; 13:15B-18B.
35. Lassila LP, Tanner J, Le Bell AM, Narva K, Vallittu PK. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mater*. 2004 Jun;20(1)29-36.
36. Milot P, Stein S. Root fracture in endodontically treated teeth related to post selection and crown desing. *J Prosthet Dent*. 1992 Sep;68(2):428-435.
37. Eskitascioglu G, Belli S, Kalkan M. Evaluation of two post core system using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis). *J Endod*. 2002 sep;28(9):629-633.