

## Resistencia a la fractura de dientes endodonciados y obturados con dos distintos selladores endodónticos

## Resistance to fracture of endodontically treated teeth and obturated with two different endodontic sealers

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas  
Volumen 43. No. 1, Mayo 2022

Espinosa Torres Erika Elizabeth<sup>1</sup>, Almeida Reyes David Andrés<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central del Ecuador, Facultad de Odontología, Área de Endodoncia, Quito, Ecuador

\* Autor de correspondencia:  
daalmeidar@uce.edu.ec

Recibido: 9-11-2021  
Aceptado: 05-05-2022

DOI: 10.26807/remcb.v43i1.915

e-ISSN 2477-9148

© 2022. Este artículo es publicado bajo una licencia CC BY-NC 4.0

Como citar este artículo:  
Almeida D, Espinosa E. 2022. Resistencia a la fractura de dientes endodonciados y obturados con dos distintos selladores endodónticos. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 43(1): 39-47. doi: 10.26807/remcb.v43i1.915

**Resumen.-** El presente estudio evalúa *in vitro* la resistencia a la fractura de incisivos centrales superiores, obturados con gutapercha y dos diferentes selladores endodónticos. Se analizaron 60 incisivos centrales superiores extraídos con los ápices completos e intactos, así como con ausencia de tratamiento de conducto. Se procedió a decoronar a las muestras obteniendo segmentos de raíces de 15mm y se las dividió en tres grupos (n=20) según el sellador utilizado en la obturación: sellador resinoso (AH Plus), sellador biocerámico (Endosequence), dientes sanos (grupo control). Los dientes fueron obturados con la técnica de cono único. Posteriormente, se incubó a las muestras por 7 días y se las sometió a fuerzas controladas de compresión en una máquina de ensayo universal a un rango de 1mm/min hasta fracturarse la raíz. La resistencia a la fractura fue medida en Newtons. Se evidenció que el mayor valor de resistencia lo presentan los dientes sanos con 865,55N; seguido por los dientes obturados con sellador biocerámico con 617,35N; y se observó el menor valor de resistencia en los dientes obturados con sellador resinoso con 543,20N (p < 0.05). Se obtuvo que no hay diferencias estadísticamente significativas (ANOVA y prueba de Tuke) y en la resistencia a la fractura entre los selladores evaluados.

**Palabras claves:** sellador endodóntico, sellador biocerámico, sellador resinoso

**Abstract.-** The aim of this study was to evaluate *in vitro* the fracture resistance of maxillary central incisors filled with gutta-percha and two different endodontic sealers. Sixty maxillary central incisors—extracted with complete and intact apices, and without root canal treatment—were donated from a private dental clinic. The samples were decoronated to obtain 15mm root segments and were divided into three groups (n=20) according on the sealer used. Group 1: Resinous sealer (AH Plus). Group 2: Control group (intact teeth). Group 3: Bioceramic sealer (Endosequence), all filled using the single cone technique. The samples were then incubated for seven days, subjected to controlled compression forces in a universal testing machine at a range of 1mm/min until the root fractured, and measured in Newton. ANOVA and Tukey's test were used as statistical analyses. The highest value was obtained by Group 2, with 865.55N; followed by Group 3, with 617.35N. The lowest value was reported by Group 1, with 543.20N (P < 0.05). The conclusion was that there was no statistical difference in the behavior between the sealers evaluated.

**Keywords:** endodontic sealer, bioceramic sealer, resinous sealer

### Introducción

Es habitual atribuir mayor debilidad y fragilidad a los dientes tratados endodónticamente frente a los dientes vitales (Schwartz and Robbins 2004). Existen varios factores que afectan a la fuerza de dichos dientes, incluyendo la excesiva pérdida de tejido dentario debido a caries, trauma dentoalveolar, deshidratación de la dentina, preparación del acceso endodóntico, la propia instrumentación e irrigación del conducto radicular, al igual que la preparación para la rehabilitación post endodóntica (Tang et al. 2010; Sedgley and Messer 1992). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Uno de los principales objetivos del tratamiento de conductos es reforzar la estructura del remanente dentario después de haber culminado la endodoncia (Johnson et al. 2000). Los selladores endodónticos son el medio para evitar la microfiltración, llenar los espacios entre los conos de gutapercha y las paredes del conducto; del mismo modo, el material obturador mejora la resistencia a la fractura de los dientes endodonciados (Topçuoğlu et al. 2013).

Actualmente, los selladores a base de resinas epóxicas son muy usados. El sellador resinoso AH Plus es considerado el estándar de oro de los selladores endodónticos por sus excelentes propiedades físico químicas, a pesar de no poseer un potencial bioactivo (Almeida et al. 2020). El avance de la tecnología ha implementado los selladores biocerámicos porque tienen una mayor biocompatibilidad con una mejor unión química a las paredes de la dentina del conducto radicular, lo cual aumenta la resistencia de la raíz después de la obturación. El elevado pH durante la reacción de fraguado confiere un efecto antibacteriano. En los últimos años, se ha introducido al mercado un nuevo sellador biocerámico, conocido comercialmente como Endosequence BC Sealer (Topçuoğlu et al. 2013) (Tabla 1).

Endosequence BC Sealer es un sellador endodóntico premezclado que se inyecta dentro del conducto radicular. El tamaño de su nanopartícula le permite fluir fácilmente entre las irregularidades del conducto y los túbulos dentinarios. Es hidrofílico y utiliza la humedad presente en los túbulos dentinarios para iniciar y completar su reacción de fraguado. Además, no se encoge durante su reacción de fraguado, por lo que resulta en una interfase libre de espacios entre la gutapercha, el sellador y la dentina (Hess et al. 2011).

En la literatura, existen pocos estudios que evalúen los efectos de los selladores endodónticos sobre la resistencia a la fractura de dientes endodonciados. Es por eso que el presente estudio evalúa in vitro la resistencia a la fractura de dientes tratados endodónticamente y obturados con 2 diferentes selladores (resinoso y biocerámico).

**Tabla 1.** Composición de los Cementos Endosequence y AH Plus

Material	Marca	Composición
Endosequence BC	Brasseler	Óxido de circonio Silicatos de calcio Fosfato de calcio monobásico Hidróxido de calcio Agentes espesantes y de relleno
AH Plus	Dentsply Germany	Pasta epoxi: Di epoxi Tungstato de calcio Óxido de circonio Aerosol Tinte Pasta de amina: Amina de 1-adamantano N'dibencil-5 Oxanonandiamina-1,9 TCD-diamina Tungstato de calcio Óxido de circonio Aerosol Aceite de silicona

Con estos antecedentes, se plantea la comparación entre el sellador biocerámico y el sellador resinoso para averiguar cuál resiste más a las fuerzas de compresión al efectuar las pruebas de fractura.

### **Materiales y métodos**

**Selección de los dientes** .- Siguiendo la metodología de Patil et al. (2017), se utilizaron 60 incisivos centrales superiores extraídos por razones periodontales y donados por una clínica odontológica privada. Se sumergió los dientes en hipoclorito de sodio al 2.5% por 5 (cinco) minutos para minimizar la carga bacteriana; luego, se los sumergió en solución salina hasta que se realizara el experimento con el fin de no deshidratar a los dientes y se eliminó todo depósito duro como cálculo dental.

Como criterios de inclusión se establecieron: los incisivos centrales superiores que tengan ápices cerrados, sin fisuras, fracturas, caries ni restauraciones. Los criterios de exclusión, en cambio, fueron: los incisivos centrales superiores con tratamiento de endodoncia.

Cada diente fue seccionado a nivel de la línea amelo-cementaria y se utilizó un disco diamantado, junto con un chorro de agua, obteniendo segmentos de raíces de 15 mm de longitud, los cuales fueron divididos en tres grupos (n=20) de acuerdo al sellador empleado en la obturación: sellador resinoso (AH Plus), sellador biocerámico (Endosequence BC) y dientes sanos (grupo control).

**Preparación de las muestras pertenecientes a dientes obturados con sellador resinoso y sellador biocerámico.**- Se instrumentaron las raíces con la técnica corono apical; se inició en cervical con la lima protaper manual SX; luego, con una lima manual de cateterismo K #10 en el conducto radicular hasta observar el foramen apical; posterior a esto, se instrumentó con una lima K #15 hasta llegar con la lima K #50 a la longitud de trabajo. Entre cada lima se irrigó con 2ml de NaOCl al 2.5% y se recapituló la longitud de trabajo con una lima K #15.

Después, se instrumentó con el sistema manual Protaper hasta llegar a la lima Protaper F3 siguiendo las indicaciones del fabricante. Del mismo modo, entre cada lima se irrigó con 2ml de NaOCl al 2.5% y se recapituló la longitud de trabajo con una lima K #15. Como protocolo de irrigación final, se usó 5ml de NaOCl al 2.5% + 2ml de solución salina + 2ml de EDTA al 17% + 2ml de solución salina y se procedió a secar los conductos radiculares con conos de papel.

Se llegó hasta la lima K #50 teniendo en cuenta la anatomía interna de los incisivos centrales superiores y se empleó el sistema de instrumentación Protaper F3 para la utilización del cono de gutapercha del mismo sistema calibrado a 50 en apical y poder realizar la técnica de obturación de cono único.

**Obturación de los conductos radiculares a dientes tratados con sellador resinoso y sellador biocerámico.**- Se colocó en el interior de los conductos los selladores (resinoso y biocerámico) dependiendo del grupo, siguiendo las indicaciones de cada fabricante y utilizando la técnica de obturación de cono único, previa calibración a 50 del cono maestro F3 (Dentsply – Maillefer) en apical con la regla calibradora de gutapercha. Igualmente, una vez obturado el conducto radicular y limpiada la cámara pulpar, se selló en coronal con ionómero de vidrio para incubar; posteriormente, las muestras a 100% de humedad y 37 oC por 7 días, simulando las condiciones encontradas en la cavidad oral para, de esta manera, tratar de completar la reacción de fraguado de los selladores endodónticos empleados.

**Procedimiento de la prueba de fractura** .- Se diseñaron cubos de resina acrílica de 2x2 cm, como medio para colocar las muestras de los dientes tratados con cada sellador y los dientes sanos para proceder al test de fractura. En el test de fractura se sometió a cada órgano dental a fuerzas controladas de compresión en una máquina universal de ensayos MTS, a un rango de 1mm/min, hasta la fractura de la raíz. La fuerza de compresión fue medida en Newtons (N). Los datos se organizaron en una matriz para el análisis estadístico en el programa SPSS, bajo los estadísticos ANOVA y la prueba de Tukey.

El presente estudio *in vitro* fue realizado siguiendo los lineamientos del Comité de Ética de la UCE (Universidad Central del Ecuador).

### Resultados

**Prueba de Normalidad.**- La muestra analizada cumple la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov, ya que todos los valores de significación (Sig.) son superiores a 0,05 (95% de confiabilidad) (Tabla 2). Por tanto, los datos pueden ser analizados a través de la prueba paramétrica ANOVA.

**Comparación de medias de la resistencia a la fractura.**- Las mediciones de resistencia para los dientes obturados con sellador resinoso, sellados biocerámico y los dientes sanos se muestran en la tabla 3, en donde se detallan los valores de las medias de resistencia, la desviación estándar, el intervalo de confianza, el valor mínimo y máximo de las muestras.

En la figura 1 se observa que las medias de resistencia de los dos selladores son bajas y similares, mientras que la media de resistencia de los dientes sanos es más alta, lo cual se verifica con la prueba estadística de ANOVA (Tabla 3). En los resultados del ANOVA, el valor del nivel de significación (Sig. = 0,001) es inferior a 0,05 (95% de confiabilidad). Por tanto, las medias de las muestras no son similares.

Para determinar las diferencias de resistencia entre los selladores y dientes sanos se realizó la prueba de Tukey. Los resultados mostraron diferencias significativas entre la resistencia del sellador resinoso y los dientes sanos (Tabla 4).

**Subconjuntos homogéneos.**- La prueba de Tukey muestra dos subconjuntos totalmente diferentes ( $p=0,633$ ). El primer subconjunto incluye el sellador resinoso con una media de 543,2 N y el sellador biocerámico con una media de 617,4 N. El segundo subconjunto incluye a los dientes sanos con una media de 865,6 N y, por tanto, con los valores de resistencia a la fractura más altos.

No se observaron diferencias significativas en los valores de resistencia a la fractura (N) al comparar los dos selladores ( $p>0,05$ ) (N). En cuanto a los dientes sanos, sí se observaron valores resistencia a la fractura más altos respecto a los dos selladores.

### Discusión

El presente estudio demostró que los dos selladores analizados tuvieron similares valores de resistencia a la fractura, medida en Newtons. Los resultados obtenidos concuerdan con estudios anteriores (Sağsen et al. 2012; Dibaji et al. 2017; Almohaimede et al. 2020), en los cuales también se emplearon selladores biocerámico y resinoso dentro de su protocolo de obturación y tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos selladores. Sin embargo, sí se observó que los selladores reforzaron al diente frente a las fuerzas de compresión. Contrariamente a lo expuesto en el presente estudio, otros investigadores han encontrado que el sellador biocerámico incrementa la resistencia a la fractura de los dientes (Topçuoğlu et al. 2013; Patil et al. 2017).

**Tabla 2.** Prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk

Cemento	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cemento resinoso	0,09	20	0,2	0,966	20	0,664
Cemento biocerámico	0,189	20	0,058	0,839	20	0,004
Dientes sanos	0,172	20	0,122	0,852	20	0,006

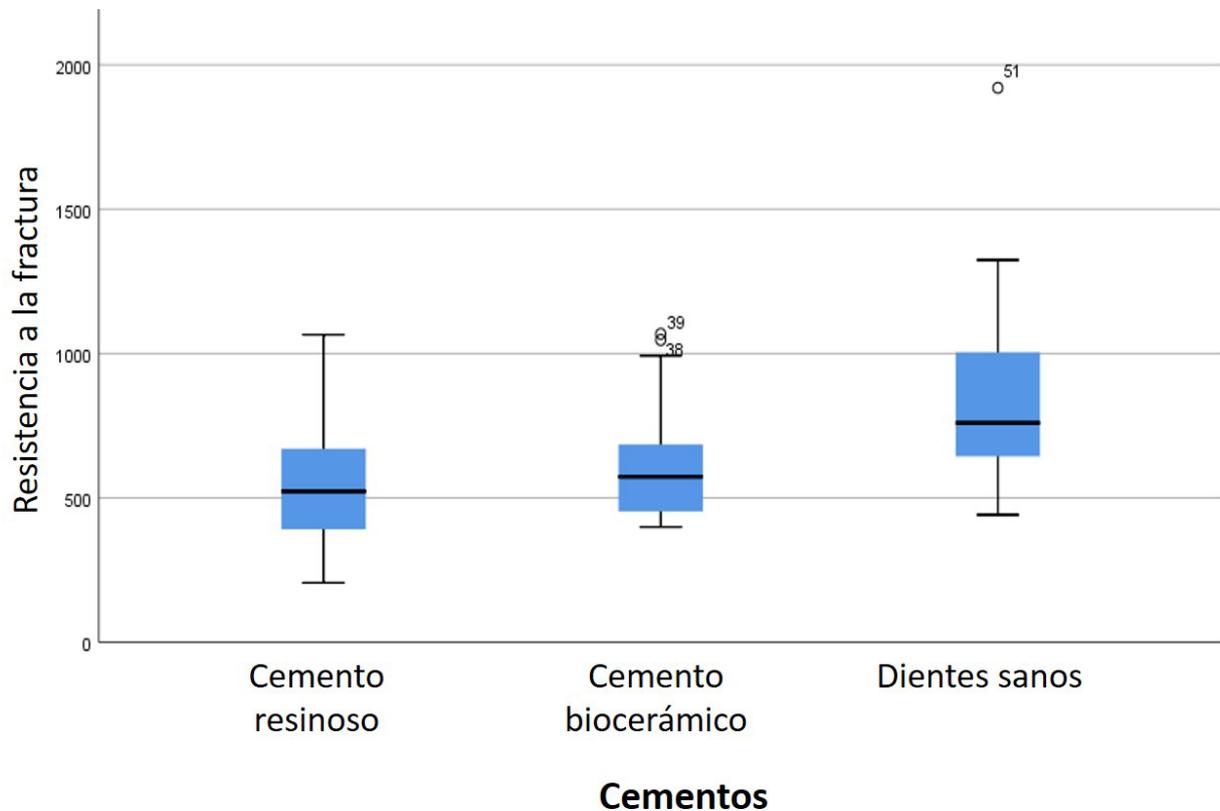


Figura 1. Comparación de medias de la resistencia a la fractura entre los selladores y dientes sanos.

El sellador biocerámico mostró valores de resistencia ligeramente mayores que no fueron estadísticamente significativos frente al sellador resinoso durante las pruebas de fractura. Esto pudo deberse a que el sellador biocerámico presenta una unión química con la dentina radicular debido a la producción de hidroxiapatita durante su fraguado, gracias a los componentes bioactivos existentes dentro de su composición (Mohammed and Al-Zaka 2020; Rodríguez-Lozano et al. 2020). Otra razón es que pudo deberse a su naturaleza hidrofílica, ya que posee un ángulo de contacto bajo, permitiendo una fácil propagación sobre las paredes del conducto radicular (Zhang et al. 2009).

**Tabla 3.** Comparación de medias de la resistencia a la fractura entre los cementos y dientes sanos

Cementos	N	Media (N)	D.E. (N)	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Anova (p=)
				Límite inferior	Límite superior			
Cemento resinoso	20	543,2	200,8	449,2	637,2	206	1065	0,001
Cemento biocerámico	20	617,4	213,4	517,5	717,2	399	1068	
Dientes sanos	20	865,6	333	709,7	1021,4	441	1920	
Total	60	675,4	287,5	601,1	749,6	206	1920	

**Tabla 4.** Prueba HSD Tukey para comparaciones entre la resistencia de selladores y dientes sanos

Selladores		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
					Límite inferior	Límite superior		1	2
Sellador resinoso	Sellador biocerámico	-74,15	80,983	0,633	-269,03	120,73	20	543,2	
	Dientes sanos	-322,35	80,983	<b>0,001</b>	-517,23	-127,47			
Sellador biocerámico	Sellador resinoso	74,15	80,983	0,633	-120,73	269,03	20	617,4	
	Dientes sanos	-248,2	80,983	0,009	-443,08	-53,32			
Dientes sanos	Sellador resinoso	322,35	80,983	0,001	127,47	517,23	20		865,6
	Sellador biocerámico	248,2	80,983	0,009	53,32	443,08			
Significación								(p) 0,633	(p) 1

Varios mecanismos han sido sugeridos para explicar la unión del sellador biocerámico a la dentina radicular (Almohaimede et al. 2020). Zhang y colaboradores (2009) han sugerido que existe un entrelazamiento o trabamiento mecánico a través de la dispersión de las moléculas del sellador en los túbulos dentinarios. Por otro lado, se ha mencionado que la dispersión del contenido mineral del sellador en la dentina inter tubular resulta en la desnaturalización de las fibras de colágeno y, por ende, la formación de una zona de infiltración mineral (Han and Okiji 2011). Otros autores han sugerido que la hidroxiapatita se forma a lo largo de la zona de infiltración mineral debido a la reacción parcial de fosfato con silicato de calcio e hidróxido de calcio (Torabinejad et al. 2018).

El tamaño de partícula del sellador biocerámico (Endosequence BC) es muy pequeña (<2 µm) (Akçay et al. 2016). Algunos autores sugieren que el tamaño de la partícula del sellador es importante porque determina muchas de sus propiedades (Chadha et al. 2010). Al poseer partículas más pequeñas, estas podrían penetrar de mejor manera en los túbulos dentinarios (Nunes et al. 2008). Asimismo, las partículas más pequeñas se hidratan más rápido que las partículas de mayor tamaño y proporcionan un espesor de película menor del sellador, lo cual resulta adecuado para este material ya que podría mejorar el rendimiento clínico de la obturación (Chadha et al. 2010).

En cuanto al sellador resinoso (AH Plus), se observaron valores de resistencia ligeramente menores al sellador biocerámico (Endosequence BC) durante las pruebas de fractura. Esto pudo deberse a las propiedades del sellador biocerámico mencionadas anteriormente. El sellador resinoso (AH Plus) tiene la habilidad de formar enlaces covalentes con cualquier grupo amino expuesto en el colágeno de la dentina debido a los componentes encontrados en su presentación de pasta epóxica y pasta de amina (Zhang et al. 2009; Rodríguez-Lozano et al. 2020). Además, tiene excelentes propiedades de fluidez debido a su viscosidad y también posee una mejor penetración en las micro irregularidades, gracias su flujo y largo tiempo de polimerización, el cual incrementa el trabamiento mecánico entre el sellador y la dentina radicular (Zehnder 2006; Rodríguez-Lozano et al. 2020).

En el presente estudio, se utilizó la técnica de cono único en el sistema de conductos radiculares de los dientes obturados con sellador resinoso y sellador biocerámico. Las propiedades favorables del sellador biocerámico (Endosequence BC), tales como su hidrofiliidad, su mínima expansión al fraguar y su biocompatibilidad (Uzunoglu et al. 2012) permiten que sea utilizado en esta técnica (Zhou et al. 2013); asimismo, podría potencialmente crear un mejor sellado del sistema de conductos radiculares, es decir, es incrementar la tasa de éxito de la terapia endodóntica (Chybowski et al. 2018).

En múltiples estudios se ha utilizado máquinas de ensayo universales para medir la resistencia a la fractura de dientes sometidos a fuerzas de compresión (Almohaimede et al. 2020). De igual manera, el presente estudio utilizó una máquina de ensayo universal donde la carga fue

aplicada verticalmente a lo largo del diente, ya que, con este método, la carga se transfiere completamente a la raíz.

### Conclusiones

A partir de este estudio in vitro, se concluye que los dientes sanos tienen valores de resistencia a la fractura mayores que los dientes obturados con sellador resinoso y sellador biocerámico, tras someterlos a las muestras a fuerzas de compresión. Además, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la resistencia de los dientes tratados con sellador resinoso y los tratados con sellador biocerámico, tras la realización de las pruebas de fractura.

Sin embargo, en condiciones orales reales, la carga y las fuerzas se encuentran en diferentes direcciones. Es por eso que se sugiere la realización a futuro de nuevas investigaciones en las cuales se analicen variables como las soluciones irrigadoras empleadas durante la instrumentación de las muestras y su concentración, varios grupos dentarios con anatomía interna distinta a la de los incisivos centrales superiores, material y tipo de rehabilitación post endodóntica.

### Agradecimientos

Un cordial agradecimiento al Ing. José Navas, director del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Superior Politécnica del Ejército, por haber colaborado en el ensayo experimental del presente estudio, así como por todas las sugerencias y aportaciones dadas durante la realización de esta investigación.

### Declaración de conflicto de intereses y contribución de los autores

Los autores declaramos que no tenemos conflicto de intereses y nuestras contribuciones fueron las siguientes:

**DA:** Diseño experimental del estudio, adquisición y colección de datos. Análisis e interpretación de datos, redacción de la versión inicial y final del manuscrito.

**EE:** Concepción y diseño del estudio, revisión de la versión inicial y final del manuscrito.

### Referencias

- Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. 2016. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers in Surgery and Medicine*. 48(1). doi:10.1002/lsm.22446.
- Almeida MM, Rodrigues CT, Matos AA, Carvalho KKT, Silva EJNL, Duarte MAH, Oliveira RC, Bernardineli N. 2020. Analysis of the physicochemical properties, cytotoxicity and volumetric changes of AH Plus, MTA Fillapex and TotalFill BC Sealer. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 12(11). doi:10.4317/jced.57527.
- Almohaimede A, Almanie D, Alaathy S, Almadi E. 2020. Fracture resistance of roots filled with bio-ceramic and epoxy resin-based sealers: In vitro study. *European Endodontic Journal*. 5(2). doi:10.14744/ej.2019.33042.
- Chadha R, Taneja S, Kumar M, Sharma M. 2010. An in vitro comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with different materials. *Contemporary Clinical Dentistry*. 1(2). doi:10.4103/0976-237x.68590.
- Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. 2018. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *Journal of Endodontics*. 44(6). doi:10.1016/j.joen.2018.02.019.
- Dibaji F, Afkhami F, Bidkhorji B, Kharazifard MJ. 2017. Fracture resistance of roots after application of different sealers. *Iranian Endodontic Journal*. 12(1). doi:10.22037/iej.2017.10.
- Han L, Okiji T. 2011. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *International Endodontic Journal*. 44(12). doi:10.1111/j.1365-

2591.2011.01924.x.

Hess D, Solomon E, Spears R, He J. 2011. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *Journal of Endodontics*. 37(11). doi:10.1016/j.joen.2011.08.016.

Johnson ME, Stewart GP, Nielsen CJ, Hatton JF. 2000. Evaluation of root reinforcement of endodontically treated teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*. 90(3). doi:10.1067/moe.2000.108951.

Mohammed YT, Al-Zaka IM. 2020. Fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with different root canal sealers (A comparative study). *Journal of Contemporary Dental Practice*. 21(5). doi:10.5005/jp-journals-10024-2841.

Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YTC. 2008. Adhesion of epiphany and AH plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Brazilian Dental Journal*. 19(1). doi:10.1590/S0103-64402008000100008.

Patil P, Banga KS, Pawar AM, Pimple S, Ganeshan R. 2017. Influence of root canal obturation using gutta-percha with three different sealers on root reinforcement of endodontically treated teeth. An in vitro comparative study of mandibular incisors. *Journal of Conservative Dentistry*. 20(4). doi:10.4103/JCDJCD\_233\_16.

Rodríguez-Lozano FJ, López-García S, García-Bernal D, Tomás-Catalá CJ, Santos JM, Llena C, Lozano A, Murcia L, Forner L. 2020. Chemical composition and bioactivity potential of the new Endosequence BC Sealer formulation HiFlow. *International Endodontic Journal*. 53(9):1216–1228. doi:10.1111/iej.13327.

Saçşen B, Üstün Y, Pala K, Demirbuğa S. 2012. Resistance to fracture of roots filled with different sealers. *Dental Materials Journal*. 31(4). doi:10.4012/dmj.2011-266.

Schwartz RS, Robbins JW. 2004. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A literature review. *Journal of Endodontics*. 30(5). doi:10.1097/00004770-200405000-00001.

Sedgley CM, Messer HH. 1992. Are endodontically treated teeth more brittle? *Journal of Endodontics*. 18(7). doi:10.1016/S0099-2399(06)80483-8.

Tang W, Wu Y, Smales RJ. 2010. Identifying and Reducing Risks for Potential Fractures in Endodontically Treated Teeth. *Journal of Endodontics*. 36(4). doi:10.1016/j.joen.2009.12.002.

Topçuoğlu HS, Tuncay Ö, Karataş E, Arslan H, Yeter K. 2013. In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. *Journal of Endodontics*. 39(12). doi:10.1016/j.joen.2013.07.034.

Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. 2018. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part II: other clinical applications and complications. *International Endodontic Journal*. 51(3). doi:10.1111/iej.12843.

Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, Durmaz V, Nagas E. 2012. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. *Journal of Endodontics*. 38(8). doi:10.1016/j.joen.2012.04.026.

Zehnder M. 2006. Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*. 32(5). doi:10.1016/j.joen.2005.09.014.

Zhang W, Li Z, Peng B. 2009. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 107(6). doi:10.1016/j.tripleo.2009.02.024.

Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. 2013. Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*. 39(10). doi:10.1016/j.joen.2013.06.012.