

Efecto de selladores endodónticos sobre el pH del medio al cual son inmersos

Effect of endodontic sealers on pH of the medium in which they are immersed

Cecilia Inés Rourera¹ , Claudia Sotomayor², Carolina Andrada Castillo¹, Andrea Kaplan³, Gabriela Martín^{1,4}.

¹ Universidad Católica de Córdoba. Facultad de Ciencias de la Salud. Carrera de Especialización de Endodoncia y odontología.

² Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Químicas. Departamento de Bioquímica Clínica. Centro de Investigaciones en Bioquímica e Inmunología (CIBICI) CONICET.

³ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Odontología. Cátedra de Materiales Dentales.

⁴ Universidad Nacional de Córdoba y del Nordeste. Facultad de Odontología. Cátedra de Endodoncia.

Correspondencia: Gabriela Martín. Universidad Católica de Córdoba. Carrera de Endodoncia, Córdoba, Argentina. Email: ggmartin@hotmail.com

Resumen

INTRODUCCIÓN: El uso de selladores en la obturación endodóntica es fundamental para lograr un sellado tridimensional del conducto radicular. Según su composición, se presentan selladores a base de resina epóxica, como el AH Plus y de biocerámico, como Bio-C Sealer y BioRoot RCS, siendo considerados los últimos como materiales bioactivos, por su capacidad de promover una reacción biológica específica sobre el tejido receptor, por la liberación de calcio y pH alcalino

OBJETIVO: Evaluar, *in vitro* la capacidad de diferentes selladores endodónticos para modificar el pH de la solución en la cual son inmersos, en distintos períodos de tiempo.

MATERIALES Y METODOS: Se prepararon 15 probetas de sellador en un molde de plástico. Se dejaron fraguar 24 hs en estufa a 37° C y posteriormente, cada una fue inmersa en un frasco con solución fisiológica. La muestra se dividió en tres grupos (n=5) según el sellador: 1) BioRoot RCS, 2) Bio-C Sealer y 3) AHPlus. Se determinó el pH de la solución de cada grupo en diferentes períodos de tiempo: inmediato, 40 min, 24 y 48 hs, 7, 14, 21 y 30 días. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante Análisis de Varianza con Medidas Repetidas (ANOVA).

RESULTADOS: El sellador AH Plus mantuvo constante el pH del medio durante toda la experiencia. Ambos selladores biocerámicos elevaron el pH del medio hasta llegar a ser alcalino (11,2 y 11,5) a las 24 hs, el cual se mantuvo para el grupo BioRoot RCS hasta los 30 días, con un pH promedio de 11.5. Mientras que, a partir de los 7 días, en el grupo Bio-C Sealer comenzó a descender el pH del medio. La evolución del pH a lo largo del tiempo arrojó diferencias significativas entre los distintos selladores evaluados (p<0,001).

CONCLUSIONES: Bajo las condiciones del presente estudio, AH Plus no modificó el pH del medio y ambos selladores biocerámicos elevaron el pH, alcanzado su máximo valor de alcalinidad a los 7 días; a partir de los cuales, BioRoot RCS mantuvo el pH elevado del medio y con Bio-C Sealer se observó un ligero descenso del pH hasta los 30 días.

Palabras claves: pH, material biocerámico, sellador resinoso.

Abstract

INTRODUCTION: The endodontic sealers are essential for three-dimensional root canal obturation. The sealers are based on epoxy resin, AH Plus and bioceramic sealers, Bio-C Sealer and BioRoot RCS, which are bioactive materials due to the ability to cause a specific biologic reaction in integration with the receptor tissue, with a pH of 12,5.

OBJECTIVE: To evaluate *in vitro*, the capacity of different endodontic sealers to modify the pH of the solution in which they are immersed, at different time.

MATERIALS AND METHODS: Fifteen samples of sealers were prepared and placed into holes of blister packs, which set for 24 hours in store at 37 degrees Celsius. Then, each sample was immersed in sterile plastic bottles with 30 millimeters of physiological solution. Samples were divided into three groups(n=5) according to the sealer: 1) BioRoot RCS, 2) Bio-C Sealer and 3) AHPlus. The pH measurements were performed in different periods of time with a digital pH meter: immediate, 40 min, 24 and 48 hs, 7, 14, 21 and 30 days. Data were made by means of the Variance Analysis Test with repeated measurements.

RESULTS: The pH of AH Plus did not change during the experience. At 24 hs, both bioceramic sealers increased medium pH up to alkaline value, which was maintained with BioRoot sealer (mean 11,54) until 30 days. At 7 days, the pH of the medium with Bio-C Sealer started decreasing. Evolution of sealers pH along the time revealed statistical significant difference ($p<0,001$).

CONCLUSION: AH Plus sealer did not modify the pH of the medium Both bioceramic sealers increased the pH, reaching to the maximum alkaline value at 7 days, which was maintained with BioRoot RCS and lightly decreased with Bio-C Sealer at 30 days.

KeyWords: Hydrogen pH, bioceramic material, resin based sealer.

Introducción

La obturación del conducto radicular tiene como objetivo rellenar tridimensionalmente el conducto, sin espacios vacíos, para prevenir la microfiltración y reinfección, evitando el pasaje de microorganismos y fluidos desde la porción coronaria y apical hacia el conducto radicular y viceversa¹.

Los materiales normalmente usados para la obturación endodóntica, pueden dividirse en una fase sólida y un medio cementante o sellador. Como núcleo sólido, la gutapercha es el material mundialmente aceptado, por ser biocompatible y estable en el tiempo; sin embargo, carece de propiedades adherentes a la pared dentinaria, por lo que es necesario el uso de sellador. Según Grossman, un sellador ideal debe ser radiopaco, bacteriostático, insoluble frente a los fluidos tisulares, presentar adherencia a la pared dentinaria y conos de gutapercha, y ocupar el espacio a donde no llega el material de núcleo sólido².

Los selladores deben cumplir con requerimientos físicos, químicos y biológicos, dentro de los cuales son importantes sus propiedades antimicrobianas y biocompatibilidad con los tejidos perirradiculares. Por sus propiedades físicas de sellado, impiden el desarrollo de los microorganismos en los túbulos dentinarios y conducto radicular; pero, además, por su composición química y liberación de componentes, pueden modificar el pH del medio, impidiendo el crecimiento microbiano³.

Los selladores a base de óxido de zinc y eugenol han sido los más utilizados a nivel mundial por su

adecuada plasticidad, consistencia, eficacia en el sellado y mínimas alteraciones volumétricas que presentan posterior al fraguado⁴. Sin embargo, se ha demostrado la toxicidad de estos selladores en contacto con tejidos vivos, generando una respuesta inflamatoria de leve a severa en los tejidos periapicales⁵. En otro aspecto, el eugenol interfiere en la polimerización de los materiales resinosos de restauración coronaria, que se utilizan posterior al tratamiento endodóntico⁶.

Los selladores a base de resina epóxica, que no contienen eugenol, han sido introducidos en la práctica endodóntica por sus ventajas de adhesión a la estructura dentaria, adecuado tiempo de trabajo, fácil manipulación y buen sellado⁷. AH-Plus® (Dentsply Mailleffer, Suiza) es un sellador compuesto por resina epóxica y aminorresinas, introducido en el mercado en 1997. Se ha demostrado que AH Plus® presenta adecuado sellado, estabilidad dimensional, alta radiopacidad y polimerización sin formación de formaldehído y propiedades autoadhesivas⁸.

En 1993 se desarrolló el primer cemento biocerámico a base de trióxido mineral agregado MTA (ProRoot Dentsply, Suiza) para el sellado de perforaciones accidentales del conducto radicular⁹. MTA es un cemento bioactivo con capacidad para inducir la formación de nuevo tejido mineralizado, lo que hace que este material sea biológicamente aceptable para retrobturaciones en cirugías apicales, y para el tratamiento de apexificación y endodoncia regenerativa en dientes con ápices

inmaduros¹⁰. Su mecanismo de acción se basa en la liberación de iones calcio que activan la adhesión, proliferación celular, y por su pH elevado se crea un medio antibacteriano¹¹. Posteriormente, aparecieron en el mercado otras formas comerciales, como MTA Angelus®, con similares propiedades químicas al MTA conteniendo bismuto para aumentar su radiopacidad¹². En el año 2009 se presentó Biodentine® (Septodont, SaintMaur-des-Fosses, Francia) un nuevo cemento bioactivo, sustituto de la dentina, compuesto principalmente por silicato tricálcico¹³. Por sus propiedades biológicas y físicas mejoradas, Biodentine presenta una resistencia a la compresión significativamente mayor que MTA White¹⁴. Además, su microdureza, resistencia a la flexión, capacidad de sellado, fuerza de adhesión y liberación de iones de calcio son notablemente superiores en comparación con otros cementos a base de silicato tricálcico¹⁵. Una de las ventajas de Biodentine es que el tiempo de fraguado es de 15 minutos, resultando más corto respecto al del MTA que fragua en 4 horas (Darvell y Wu 2011) y su estabilidad del color en el tiempo¹⁶.

Posteriormente, se desarrollaron los selladores a base de biocerámicos, indicados para la obturación permanente del conducto radicular en combinación con conos de gutapercha, mediante la técnica de cono único o compactación lateral en frío¹³. BioRoot RCS (Septodont, SaintMaur-des-Fosses, Francia) se presenta en forma de polvo y líquido. El polvo contiene óxido de circonio como radiopacificador y un polímero biocompatible hidrofílico para mejorar la adherencia. El líquido contiene principalmente agua y cloruro de calcio lo cual acelera el fraguado. BioRoot RCS mostró un sellado hermético con la dentina y la gutapercha, y una radiopacidad adecuada¹⁷. Se ha demostrado que los selladores biocerámicos son bioactivos porque estimulan el proceso fisiológico del hueso y la mineralización de la estructura dentinaria¹⁸. Por sus propiedades bioactivas tales como la biocompatibilidad, la formación de hidroxiapatita, mineralización de la estructura dentinaria, pH alcalino y propiedades de sellado; se crea un entorno favorable para la cicatrización periapical¹⁹.

Recientemente, apareció en el mercado Bio-C Sealer (Angelus, Brasil), un sellador biocerámico que contiene silicato de calcio, aluminato de calcio y óxido de calcio, lo cual hace que este material sea biocompatible y bioactivo, por la liberación de iones calcio. Además, contiene óxido de circonio, óxido de hierro, dióxido de silicio y propilenglicol como agente de dispersión, sin sufrir contracción posterior al fraguado. Las propiedades mecánicas y físicas confieren facilidad en el manejo y sellado

hermético de los conductos, además de sus propiedades biológicas y pH elevado (12,5)²⁰.

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue evaluar *in vitro* la capacidad de diferentes selladores endodónticos para modificar el pH de la solución en la cual fueron inmersos, en distintos períodos de tiempo.

Material y métodos

Tipo de Investigación: Experimental

Características generales: La presente investigación se desarrolló en la Carrera de Endodoncia y en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Católica de Córdoba.

Método y diseño

Se seleccionaron tres selladores endodónticos: uno a base de resina epóxica AH Plus (Dentsply) y dos a base de biocerámicos, BioRoot RCS (Septodont) y Bio-C-Sealer (Angelus). Se prepararon 15 muestras de sellador, siguiendo las indicaciones del fabricante, y se colocaron en un molde de plástico, obteniendo muestras de 8 mm de diámetro por 3 mm de profundidad. Para su fraguado, se conservaron a 37° C durante 24 hs y posteriormente, cada muestra fue inmersa en un frasco estéril de plástico con 30 ml de solución fisiológica estéril. Las muestras se dividieron en 3 grupos (n=5), según el sellador utilizado, quedando conformados de la siguiente manera:

Grupo 1: BioRoot RCS (Septodont)

Grupo 2: Bio-C-Sealer (Angelus)

Grupo 3: AHPlus (Dentsply)

Se realizaron las mediciones de pH de la solución de cada frasco, por duplicado, con un peachímetro (LT Lutron de HANNA), en los diferentes períodos de tiempo: inicial (inmediatamente después de la inmersión en la solución fisiológica), a los 40 minutos, a las 24 hs, 72hs, 7, 14, 21 y 30 días. Al momento de estandarización de la técnica, se evaluó el pH del medio en ausencia de sellador y no se observaron cambios en la cinética de tiempos evaluados. Durante los 30 días, las muestras fueron conservadas a temperatura ambiente, en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Católica de Córdoba, a cargo del Dr. Agustín Joison.

Análisis estadístico

Los datos fueron evaluados mediante análisis de varianza con medidas repetidas, utilizando como factor el sellador, el efecto tiempo y la interacción entre el tiempo y sellador. Para tales análisis, se utilizó el software SPSS y un nivel de significación de ($P < 0,05$).

Consideraciones éticas

El estudio se realizó cumpliendo con la normativa de la Declaración de Helsinki, Buenas Prácticas Clínicas de ANMAT y Ley Provincial de investigación en salud N° 9694. Se asegura protección de datos personales de los pacientes según la Ley 25.326. Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Resultados

En la (Tabla 1) se muestran los valores promedio de las mediciones de pH de la solución fisiológica donde estaban inmersos los selladores, a los diferentes períodos de tiempo en lo que fue evaluado. La evolución del pH a lo largo del estudio cinético reveló diferencias significativas entre los selladores ($p < 0,001$), siendo BioRoot RCS el sellador que provocó un mayor incremento del pH, con un promedio de 11.5 (Tabla 2). Las variaciones del pH del medio en función de la cinética del tiempo fue estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

Tabla 1. Valores promedio de pH para cada sellador en los diferentes tiempos. Letras diferentes implican diferencias significativas.

Periodos de tiempos	AH Plus	Bio-C Sealer	BioRoot RCS
Inicial	5,7 a	5,9 a	5,5 a
40 minutos	6,7 a	10,7 c	10 b
24 hs	5,8 a	11,2 b	11,5 c
48 hs	6,6 s	11,1 b	11,8 c
7 días	6,3 a	11,5 b	12,7 c
14 días	6,2 a	9,7 b	11,8 c
21 días	6,3 a	8,9 b	11,5 c
30 días	6,4 a	8,2 b	11,2 c

Tabla 2. Valores de pH promedio del medio con los diferentes selladores.

DS: desviación estándar. **Diferencias:** letras diferentes implican diferencias significativas

Sellador	Media general	DS	Diferencias
BioRoot RCS	11.54	+/- 0.51	a
Bio-C-Sealer	10.22	+/- 0.40	b
AH Plus	6.39	+/- 0.15	c

El pH de AH Plus se mantuvo constante durante la experiencia y tanto Bio-C Sealer como BioRoot RCS incrementaron el pH a partir de los 40 min. Cabe destacar, que a los 40 min. Bio-C Sealer elevó significativamente el pH del medio, pero a las 24 hs y hasta el final de la experiencia los valores observados fueron significativamente más bajos que los observados para BioRoot RCS. A su vez, el máximo valor de pH en los selladores biocerámicos se observó a los 7 días y luego fue parcialmente declinando, aunque más velozmente en las muestras que recibieron tratamiento con Bio-C Sealer que en las que fueron tratadas con BioRoot RCS. A partir de los 7 días se observó mayor variabilidad en la respuesta (Figura 1)

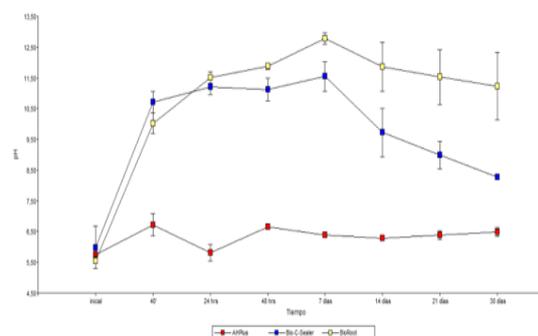


Figura 1: Mediciones de pH del medio con los selladores AH Plus, Bio-C Sealer y BioRoot RCS en el tiempo.

Discusión

El uso de selladores en la obturación endodóntica es fundamental para lograr un sellado tridimensional del conducto radicular². Según su composición, se presentan selladores a base de resina epóxica, como el AH Plus y de biocerámico, como Bio-C Sealer y BioRoot RCS, siendo considerados los últimos como materiales bioactivos, por su capacidad de promover una reacción biológica específica sobre el tejido receptor, por la liberación de calcio y pH alcalino^{18,20}. En un estudio realizado por Siboni F y col²¹ confirmaron que BioRoot RCS libera iones

Ca⁺⁺, iones biológicamente activos y activa la nucleación de precursores de hidroxiapatita en la superficie del material. Por otro lado, AH Plus no mostró la capacidad de liberar iones, entonces la formación de depósitos de fosfatos de calcio estuvo relacionado a la presencia de grupos funcionales en el material que absorben los iones involucrados en la nucleación de hidroxiapatita. De este modo, quedó demostrado que BioRoot RCS es un material bioactivo capaz de nuclear los depósitos de apatita carbonatada en relación a su capacidad prolongada de liberar iones calcio y de alcalinizar el medio²². Estos datos apoyarían el potencial bioactivo de los selladores de silicato tricálcico como BioRoot RCS de promover la salud periapical, la regeneración ósea y sellar por mineralización y depósitos de hidroxiapatita en la interfaz de la pared del conducto radicular. Estos hallazgos concuerdan con nuestro estudio donde se observó que los selladores biocerámicos BioRoot RCS y Bio-C-Sealer alcalinizaron el medio.

Por su parte, Molgatini y col²³. demostraron que el sellador AH Plus no posee la capacidad de liberar sales ni óxidos como en otros selladores analizados en su experiencia; ni iones que alcalinicen el medio. Del mismo modo, en nuestro estudio el sellador a base de resina epoxi AHPlus no modificó el pH del medio y se mantuvo un pH neutro en todos los períodos de tiempo.

En un estudio realizado por Zordan-Bronzel y col²⁰ concluyeron que Bio-C-Sealer presenta menor tiempo de fraguado que BioRoot RCS (60 a 120 minutos para Bio-C Sealer versus 500 minutos para BioRoot RCS) y tiene la capacidad de alcalinizar el medio. En este estudio, las muestras fueron sumergidas en agua desionizada y se realizaron mediciones con un peachímetro digital a los 7, 14 y 21 días; comparando Bio-C Sealer con el sellador biocerámico Total Fill BC Sealer (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) y con sellador AH Plus (Dentsply). El pH fue más alto para el TotalFill el primer día, pero después no hubo diferencia significativa a los 7,14 y 21 días. Los mismos autores, en un estudio previo²⁴ demostraron que el pH elevado (12) confiere a los cementos y selladores biocerámicos acción antibacteriana; y que la reacción de fraguado en los materiales biocerámicos ocurre en presencia de humedad, ya que son materiales con características hidrofílicas. Por lo anteriormente expuesto, estos materiales deberían ser usados en la práctica clínica, en conductos ligeramente húmedos para absorberla humedad de los fluidos presentes en los túbulos dentinarios y en los tejidos periapicales.

La solubilidad de un sellador indica la pérdida de masa de material cuando es inmerso en agua⁴. El pH elevado de los biocerámicos y su poder alcalinizante estaría dado por la liberación de iones Ca⁺⁺ y OH⁻ gracias a la solubilidad de los mismos

en el medio líquido al cual son inmersos²⁵. AH Plus mantiene estable y modifica escasamente el pH debido a fuertes enlaces cruzados en materiales a base de resina epoxi que los hace de baja solubilidad²⁶.

En un estudio realizado por Urban y col.²⁷ demostraron que los valores de pH fueron superiores cuando fueron probados en agua destilada que en PBS. Bajo un punto de vista clínico, debe especularse que los valores de pH medidos en PBS similar al fluido corporal son más realistas que aquellos obtenidos en agua destilada. Este estudio que duró 6 meses, reveló que en agua destilada el sellador BioRoot RCS mantuvo un pH alcalino durante todo el período del experimento, mientras que AH Plus tuvo un pH ligeramente ácido y posterior a los 4 meses se mantuvo neutro hasta el final del estudio. En PBS, BioRoot RCS reveló un pH alcalino por 4 meses y AH Plus neutro. Por otro lado, también encontraron a los 14 días, sobre la superficie de todos los especímenes de BioRoot inmersos en PBS, un precipitado blanco cuyo principal componente químico fue hidroxiapatita. Presumiblemente, estos autores sostienen que por esta precipitación la solubilidad del BioRoot RCS decrece. Esta solubilidad fue significativamente más alta que en el sellador convencional de resina AH Plus, en el cual no pudo ser determinado ningún precipitado. Según estos autores, BioRoot RCS no incluye una fase de fosfato de Calcio, sin embargo, esta fase fue identificada cuando el material fue inmerso en solución fisiológica o en solución bufferizada salina de Hank o en PBS. Este depósito parece impedir un aumento adicional de la solubilidad. Por lo tanto, se puede esperar que si un silicato de calcio que contiene el sellador es inmerso en un líquido simulando fluido corporal, los iones de calcio combinados con fosfatos están promoviendo la formación de una capa superficial de hidroxiapatita, la cual es capaz de llenar espacios vacíos originados por la alta solubilidad²⁰. El calcio, el silicio y el carbonato difunden en los túbulos dentinarios, lo que resulta en la formación de una “zona de infiltración marginal”, otorgando alta resistencia a las microfiltraciones y anclaje micromecánico mediante la precipitación en la entrada de los túbulos dentinarios. Al igual que otros cementos biocerámicos, no se contraen, sino que posee una pequeña expansión durante su fraguado²⁶. Por lo tanto, si los vacíos se reducen con el tiempo, como fue demostrado *in vitro*, los selladores a base de silicato de calcio en combinación con gutapercha podrían mejorar la capacidad del sellado por el depósito de hidroxiapatita (fosfato de calcio) en la interfase sellador pared de dentina²⁵. Sin embargo, si bien la solubilidad pareciera ser responsable de la liberación de iones alcalinizantes con la

consecuente elevación de pH, como fue demostrado por Urban y col²⁷ y en el presente estudio, sigue siendo un importante desafío que requiere futuras investigaciones.

Conclusión

Bajo las condiciones del presente estudio, el sellador AH Plus no modificó el pH del medio y se mantuvo estable. Ambos selladores biocerámicos elevaron el pH, alcanzando su máximo valor de alcalinidad a los 7 días; a partir de los cuales, BioRoot RCS mantuvo el pH elevado del medio y con Bio-C Sealer se observó un ligero descenso del pH hasta los 30 días.

Bibliografía

1. Johnson W, Kulildjc C, Tayf K. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In Hargreaves KH, Berman LH, eds. *Cohen Pathway of the Pulp*, 11th ed. St Louis: Elsevier 2016; 280-323.
2. Suresh G, Gopikrishna V. Obturation of the radicular space. In: Suresh Chandra B, Gopikrishna V, EDS. *Grossman's endodontic Practice*, 13th Ed. New Delhi: Wolters Kluwer Health 2014; 343-73.
3. Hargreaves K, Cohen S. *Instrumental and Device Canal Filling*. 10th Ed. Elsevier 2011; 260-264.
4. Versiani MA, Abi Rached-Junior FJ. Zinc oxide nanoparticles enhance physicochemical characteristics of Grossman sealers. *J Endod* 2016; 42: 1804-10.
5. Araki K, Suda H, Spangberg L. Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. *J. Endod.* 1998; 20 (1): 67-70.
6. Marín-Bauza GA, Silva-Sousa TC, Cunha SA et al. Physicochemical properties of endodontic sealers of different bases. *J Appl Oral Sci* 2012; 20(4):455-461.
7. ResendeLM, RachedFJ, Versiane MA et al. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. *IntEndod J* 2009;42(9):785-793.
8. Hubbe L, Oliveira D, Vianna K, Coelho S. AH Plus extrusion into periapical tissue: literature review of main related properties and report of clinical cases. *RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontologia* 2016;13(4): 280 - 288.
9. Lee S, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993; 19: 541-4
10. Bakland L, Andreasen J. Will mineral trioxide aggregate replace calcium hydroxide in treating pulpal and periodontal healing complications subsequent to dental trauma? A review. *Dent Traumatol.* 2012; 28: 25-32.
11. Porter M, Bertó A, Primus C, Watanabe I. Physical and chemical properties of new-generation endodontic materials. *J Endod* 2010; 36(3):524-8.
12. Oliveira M, Xavier C, Demarco F, Pinheiro A et al. Comparative chemical study of MTA and portland cements. *Braz Dent J* 2007; 18(1): 3-7
13. Camillieri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dental Materials* 2013, 29(5): 580-593.
14. Elnaghy AM. 2014. Influence of Acidic Environment on Properties of Biodentine and White Mineral Trioxide Aggregate: A Comparative Study. *J Endod* 2014; 40(7): 953-957.
15. Rajasekharan S, Martens L, Cauwels R, Anthonappa R. Biodentine material characteristics and clinical applications: a 3-year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent* 2018; 19(1):1-22.
16. Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials. *J Endod* 2015; 41(11): 1862-1866.
17. Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV, Camilleri J. In Situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. *J Endod* 2015; 41(1):111-124.
18. Camps J, Jeanneau C, Elayachi I, Laurent P, About I. Bioactivity of a calcium silicate-based endodontic cement (BioRoot RCS): interactions with human periodontal ligament cells in vitro. *J Endod* 2015; 41(9):1469-73
19. Dimitrova-Nakov S, Uzunoglu E, Ardila-Osorio H, Baudry A et al. In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells. *Dental Materials* 2015, 31(11): 1290-7

20. Zordan-Bronzel C, Estevez Torres F, Tonomaru-Filho M, Chavez-Andrade G et al. Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, Bio-C-Sealer. *J Endod* 2019; 45:1248-1252.
21. Siboni F, Tadedei P. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *IntEndod J* 2017; 50: 20-36.
22. Prullage RK, Urban K. Material properties of a tricalcium silicate containing, and epoxy resin-based root canal sealers. *J Endod* 2016; 42: 1784-8.
23. Molgatini S, Perez S, Tejerina D, La Rosa A, Kaplan A. Changes of pH produced by immersion of endodontic sealers. *Acta Odontol Latinoam* 2002; 15: 15-19.
24. Zordan-Bronzel CL, Tonomaru-Filho M, Rodriguez EM, Chaves Andrade G et al. Cytocompatibility, bioactive potential and antimicrobial activity of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer. *IntEndod J*. 2019; 52: 979-986.
25. Borges RP, Sousa-Neto. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and epoxy resin-based sealers after a solubility test. *IntEndod J* 2012; 45:419-28.
26. Viapiana R, Flumignan DL. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *IntEndod J* 2014; 47:437-48.
27. Urban K, Neuhaus J, Donnermeyer D. Solubility and pH. Value of 3 different root canal sealer: along-term investigation. *J Endod* 2018; 44: 1736-1740.

