



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**ESTOMATOLOGÍA**

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE  
CEMENTOS BIOCERÁMICOS EN LA OBTURACIÓN DE  
CONDUCTOS RADICULARES. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE  
ESTUDIOS IN VITRO

EVALUATION OF THE SEALING ABILITY OF BIOCERAMIC  
CEMENTS IN ROOT CANAL FILLING. SYSTEMATIC  
REVIEW OF IN VITRO STUDIES

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
ENDODONCIA

AUTORES

JOHANA ISABEL NECIOSUP FARJE

JOSE ARMANDO REYNALDO VALENCIA BERROSPIDE

ASESORES

ALLISON KARINA CHÁVEZ ALAYO

CARLOS YURI LIÑÁN DURÁN

LIMA – PERÚ

2020



## **JURADO**

Presidente: Esp. Carlos Mendiola Aquino  
Vocal: Esp. Oswaldo Manuel Huapaya Macavilca  
Secretario: Esp. Fernando Manuel Cordova Malca

Fecha de sustentación: 07/05/20

Calificación: 84

## **ASESORES DE TESIS**

### **ASESOR**

Mg. Esp. CD. Allison Karina Chávez Alayo

Departamento Académico de Clínica Estomatológica (DACE)

ORCID: 0000-0003-0055-1796

### **ASESOR**

Mg. Esp. CD. Carlos Yuri Liñán Duran

Departamento Académico Estomatológico del Niño y Adolescente (DAENA)

ORCID: 0000-0003-2669-842X

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por habernos brindado su apoyo a lo largo de nuestra carrera profesional y ahora en este logro, gracias por seguir motivándonos a ser cada día mejores.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros asesores y docentes de la especialidad por transmitirnos sus enseñanzas y permitirnos ser mejores profesionales, son personas muy especiales y siempre les tendremos mucha admiración.

Un agradecimiento especial a la Dra. Karla Diaz, por brindarnos su constante apoyo y compartirnos sus conocimientos para el desarrollo de nuestra tesis siendo la primera revisión sistemática realizada en nuestra especialidad.

## **DECLARACIONES Y CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

### EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE CEMENTOS BIOCERÁMICOS EN LA OBTURACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ESTUDIOS IN VITRO

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>9%</b>	<b>9%</b>	<b>3%</b>	<b>3%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.mdpi.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.flacsoandes.edu.ec</b> <input checked="" type="checkbox"/> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>abacus.universidadeuropea.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>search.bvsalud.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>lookformedical.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
I. Introducción	1
II. Objetivos	5
III. Materiales y Métodos	6
IV. Resultados	11
V. Discusión	15
VI. Conclusiones	25
VII. Referencias Bibliográficas	26
VIII. Tablas, gráficos y figuras	35



## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar sistemáticamente estudios in vitro disponibles en la literatura que describan la capacidad de sellado de los cementos biocerámicos en la obturación de conductos radiculares. **Materiales y Métodos:** Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos Pubmed, Embase, Scopus, Lilacs, Science Direct. Adicionalmente se accedió manualmente a las revistas de mayor factor de impacto en endodoncia y a literatura gris disponible. Se consideraron publicaciones entre las fechas 01 de enero del 2009 y 23 de octubre del 2019. Se incluyeron estudios in vitro que utilizaron la microtomografía (micro CT) como medio de evaluación de los espacios sin obturar, además de aquellos que comparaban biocerámicos con otros cementos convencionales. El proceso de selección, obtención de información y análisis de riesgo de sesgo fue realizado por pares alcanzando niveles de concordancia eficientes. **Resultados:** De un total de 319 artículos, 6 fueron incluidos para el análisis cualitativo. Los resultados comparativos mostraron valores a favor de los biocerámicos. Los porcentajes de espacios sin obturar fluctúan entre 0,0015% a 9,67% del total del conducto. A nivel apical, estos espacios son de 0,37% a 1,755%. En el mismo nivel radicular el volumen de vacíos presentado es de 0.301 a 0.324 mm<sup>3</sup>. A la evaluación de riesgo de sesgos, los estudios cumplieron los ítems del CONSORT modificado con una media del 63,33%. **Conclusión:** Los selladores biocerámicos mostraron mejor capacidad de sellado en el tercio apical con un nivel de riesgo moderado.

**Palabras claves:** *materiales de relleno del canal radicular, biocerámicos, micro ct, silicato de calcio, zirconio (DeCS.)*

## ABSTRACT

**Objective:** To systematically evaluate in vitro studies available in the literature that describe the sealing ability of bioceramic cements in the filling of root canals. **Materials and Methods:** An electronic search was conducted in the databases Pubmed, Embase, Scopus, Lilacs, Science Direct. In addition, the journals with the greatest impact factor in endodontics and available gray literature were accessed manually. Publications between January 1, 2009 and October 23, 2019 were considered. In vitro studies were included that used micro computed tomography (micro CT) as a means of evaluating unsealed voids, in addition to those comparing bioceramics with others conventional sealers. The process of selection, obtaining information and risk of bias analysis was performed in pairs reaching efficient levels of agreement. **Results:** Of a total of 319 articles, 6 were included for qualitative analysis. Comparative results showed values in favor of bioceramics. The percentages of unsealed voids range from 0.0015% to 9.67% of the total duct. At the apical level, these spaces are from 0.37% to 1,755%. At the same root level the volume of voids presented is from 0.301 to 0.324 mm<sup>3</sup>. At the risk of bias assessment, the studies accomplish the modified CONSORT items with a mean of 63.33%. **Conclusion:** Bioceramics based sealers showed good sealing ability in the apical third, with a moderate level of risk.

**Keywords:** *root canal filling materials, bioceramic, micro ct, calcium silicate, zirconium (MeSH).*

## **I. INTRODUCCIÓN**

Un adecuado tratamiento de conductos radiculares está basado en el cumplimiento de la Triada Endodóntica, compuesta por tres principios; asepsia, preparación biomecánica y obturación (1). Ésta última es indispensable, ya que evita la reinfeción del espacio del conducto limpio y conformado; es decir, impide la microfiltración de bacterias hacia el ápice (2).

El conducto radicular principal puede presentar variantes anatómicas complejas en forma de ramificaciones; estas podrían ser un obstáculo para lograr un sellado hermético y tridimensional del sistema de conductos. Por lo que, se hace necesario crear las condiciones óptimas para evitar que las bacterias y sus productos filtren hacia los tejidos periapicales y produzcan una reinfeción afectando el éxito de la endodoncia (3,4).

La microfiltración está mencionada como una de las principales causas de fracaso del tratamiento de conductos (5,6). Puede ser influenciada por diferentes variables como múltiples técnicas de obturación, propiedades químicas y físicas de los materiales de relleno del conducto y presencia o ausencia de barro dentinario (7,8).

El 60% de los fracasos endodónticos son causados por conductos radiculares que no se encuentran adecuadamente obturados (9). La gutapercha y el sellador de conductos son materiales imprescindibles utilizados a lo largo del tiempo para una correcta obturación (10). Debido a la falta de adhesión de la gutapercha a las paredes dentinarias, ésta debe estar siempre complementada con un sellador que actúe como interfase entre la masa de la misma y la estructura dentaria, ayudando a rellenar las áreas de difícil acceso (11).

Constantemente nuevos cementos selladores se van desarrollando y en la actualidad están disponibles diversas formulaciones y marcas basadas en componentes como ionómero de vidrio, óxido de zinc eugenol, siliconas, resina, hidróxido de calcio y biocerámicos (12).

Los materiales biocerámicos son cerámicas biocompatibles adecuadas para uso clínico dentro del cuerpo humano. Pueden ser clasificados como bioinertes (alúmina, zirconio), bioactivos (vidrios bioactivos, cerámicas de vidrio bioactivo, hidroxiapatita, silicatos de calcio) y biodegradables (fosfato tricálcico, vidrios bioactivos) (13).

Los biocerámicos se introdujeron en la endodoncia en la década de 1990, con el nombre de *Agregado de Trióxido Mineral* (MTA), siendo utilizados primero como material de obturación retrograda y luego como cemento de reparación de raíces, para finalmente ser introducido en el mercado como sellador de conducto radicular (14,15).

Recientemente se ha introducido una nueva generación de selladores biocerámicos compuestos por partículas de zirconio, vidrio bioactivo, vidrios cerámicos, silicatos de calcio, hidroxiapatita y fosfatos de calcio reabsorbibles en su formulación. Se ha reportado que podrían superar a los cementos selladores tradicionales por su principal característica de ser un material bioactivo; es decir, que estimulan la regeneración tisular formando hidroxiapatita y creando luego un enlace entre la dentina y el material, mejorando finalmente la capacidad de sellado y reduciendo la microfiltración (16,17). Adicionalmente, favorecen la supervivencia, diferenciación y la función osteoblástica, con una participación activa en el proceso de curación de la periodontitis apical. Además, tienen la propiedad de ser biocompatibles y poseen una acción antibacteriana

relacionada con la actividad alcalinizante que contribuye a garantizar el éxito endodóntico a largo plazo (18).

Existen pocos estudios in vitro y no hay estudios en humanos ni en animales que reporten la capacidad de sellado de los cementos biocerámicos. Las investigaciones utilizaban diferentes métodos de evaluación como filtración de fluidos, penetración de tinte y secciones histológicas; que han demostrado ser poco precisos e ineficientes en el uso de la muestra (19,20).

La microtomografía computarizada (micro CT) se ha utilizado en odontología como herramienta de investigación en diversas aplicaciones, con respecto al ámbito de la endodoncia se utiliza con frecuencia para la evaluación de la anatomía del conducto después de la instrumentación (21). También proporciona una imagen tridimensional que permite observar el volumen de espacios en los diferentes rellenos de los conductos radiculares (22).

En el presente, el ejercicio profesional en estomatología tiene como imperiosa necesidad el manejo de información con altos niveles de evidencia. El especialista debe conducirse en base a datos fiables, estructurados y sintetizados que respondan rápidamente a las preguntas clínicas cotidianas de interés. Dentro de los estudios de mayor nivel existentes, destacan las revisiones sistemáticas, caracterizadas por ser estudios secundarios que describen información científica esencial sobre problemas de investigación. Su desarrollo obedece a un proceso altamente riguroso que parte desde la formulación de una pregunta específica, una selección refinada de literatura

relacionada con el tema, hasta un análisis enfocado a la calidad metodológica y desarrollo de la misma (23).

El propósito del presente estudio es evaluar sistemáticamente estudios in vitro disponibles en la literatura acerca de la capacidad de sellado de los cementos biocerámicos en la obturación de los conductos radiculares a través de la micro CT.

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Evaluar sistemáticamente estudios in vitro disponibles en la literatura acerca de la capacidad de sellado de los cementos biocerámicos en la obturación de los conductos radiculares.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta revisión sistemática se realizó de acuerdo con las guías del Manual Cochrane para Revisiones Sistemáticas de Intervenciones (24). Este informe se basa en la declaración de PRISMA (25). Esta registrada en la Universidad Peruana Cayetano Heredia con código SIDISI 103314 y aprobado por el Comité de Ética de la misma institución.

Se utilizaron las siglas de los investigadores (JN, JV) y asesores (AC, CL) para señalar su participación durante el proceso y desarrollo.

La pregunta de investigación está basada en el modelo PICO:

**Población (P):** Estudios in vitro que evaluaron la capacidad de sellado de uno o más selladores biocerámicos.

**Intervención (I):** Obturación de los conductos radiculares con selladores biocerámicos mediante cualquier técnica de obturación.

**Comparación (C):** Selladores endodónticos convencionales a base de resina, óxido de zinc eugenol, ionómero de vidrio, siliconas, hidróxido de calcio.

**Resultados (O):** Capacidad de sellado de uno o más selladores evaluados mediante microtomografía computarizada (micro CT).



## **Criterios de Selección**

Se incluyeron:

1. Estudios in vitro que evaluaron la capacidad de sellado de uno o más cementos biocerámicos; y que además los compararon con otros selladores convencionales.
2. Estudios in vitro que evaluaron la capacidad de sellado a través de los espacios sin obturar ubicados a lo largo de todo el conducto radicular, es decir en la interfaz dentina/sellador, sellador/gutapercha y dentro del sellador.
3. Estudios que utilicen el método de micro CT para la evaluación de la capacidad de sellado.

Se excluyeron:

1. Estudios que evaluaron otras propiedades diferentes a la capacidad de sellado de los selladores biocerámicos.
2. Estudios que no utilicen piezas dentarias humanas.

## **Estrategia de Búsqueda**

Se efectuó una búsqueda electrónica y manual de los estudios por ambos investigadores (JN, JV) entre las fechas 01 de Enero del 2009 hasta el 23 de Octubre del 2019. La primera se realizó en las bases de datos Pubmed y Embase. Para la formulación de la estrategia de búsqueda se emplearon palabras clave indexadas (Mesh para Pubmed y Entree para Embase) y no indexadas, depurando las que no brindaban resultados

bibliográficos adicionales. Se estableció una ruta de búsqueda reproducible para las bases Pubmed y Embase (Anexo 1).

Se realizaron búsquedas manuales en las bases de datos Scopus, Lilacs y Science direct, adicionalmente en la literatura gris y en las principales revistas de endodoncia según su mayor factor de impacto (Scimago 2018) (Anexo 2, 3,4). Se consideraron estudios sólo en inglés. Frente a las diversas listas de referencias obtenidas, los duplicados se eliminaron para la obtención de una final.

### **Selección de estudios**

La selección se realizó en dos fases. En la primera (*abstract screening*) se eligieron los potenciales estudios incluidos en base al título y resumen que presentan en la bibliografía. La selección se hizo por pares (JN, JV) y frente a discrepancias o dudas se solicitó la opinión de un asesor (AC) para definir su inclusión. Si el título indicaba una posible inclusión, el resumen fue cuidadosamente evaluado y los artículos considerados elegibles para la revisión. La segunda fase denominada a texto completo (*full-text screening*) se realizó a través de una lectura minuciosa de los artículos potenciales, consultando de ser necesario a los autores sobre información no descrita. Esta fase también fue realizada por los investigadores (JN, JV) y en caso de discrepancia fue definido por un asesor (AC).

Los detalles de los estudios excluidos están en el Anexo 5.

## **Extracción de datos**

Luego de realizada la selección final, se estructuró un esquema basado en las características de los estudios (autor, año, tipo de estudio in vitro, objetivo del estudio, evaluación de la propiedad, número de piezas incluidas, tipo de pieza incluida, tipo de raíz, número y forma de conductos, técnica de obturación, material de obturación, composición del material de obturación, presentación del cemento, método de análisis, material de análisis, instrumento usado, unidad de análisis, análisis estadístico, resultados buscados, resultados descritos) para obtener información descriptiva. (Tabla 1, 2)

## **Análisis de Riesgo de Sesgos**

La evaluación de riesgo de sesgo de los estudios incluidos se desarrolló utilizando la herramienta Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) originalmente fue desarrollada por Moher y col. para ensayos clínicos aleatorizados que incluye una lista de verificación compuesta por 25 ítems con el fin de evaluar la literatura reportada y evitar o minimizar el sesgo para mejorar la calidad metodológica (26).

Posteriormente Faggion describe una lista de verificación desarrollada para estudios in vitro de materiales dentales, utilizando elementos modificados descritos en la lista de verificación original. Esta versión modificada para estudios in vitro se utilizó para evaluar el riesgo de sesgo en esta revisión sistemática (26).

Dicha herramienta evalúa el resumen, introducción, métodos, resultados, discusión y demás información relevante. En el marco de los tópicos descritos, se encuentran los

14 ítems que abordan la estructura del resumen de los artículos (resumen), el respaldo científico, objetivos e hipótesis (introducción), las intervenciones realizadas por grupos, la forma de administración detallada, obtención y medición de resultados, descripción y obtención de la muestra, aleatorización y métodos, cegamiento, análisis estadístico (métodos), nivel de precisión de los resultados (resultados), limitaciones, riesgos potenciales de imprecisión, fuentes de financiamiento y disponibilidad de protocolo del estudio (26).

Como fase preliminar, se realizó el análisis y la calibración de los investigadores (JN, JV). Se realizaron dos rondas de calibración hasta obtener un nivel favorable de concordancia (Kappa de 0.8) (27). Se procedió a realizar el análisis de riesgo, frente a cualquier duda, un asesor (CL) definía la decisión.

### **Consideraciones Éticas**

El estudio se ejecutó luego de recibir la aprobación de la Unidad Integrada de Gestión de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Facultades de Medicina, de Estomatología y de Enfermería y la posterior aprobación del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CIE-UPCH).

#### IV. RESULTADOS

Una vez realizada la búsqueda de la evidencia en las bases de datos Pubmed y Embase se encontraron 193 y 117 resultados, respectivamente. Luego se agregaron 9 que cumplían con los criterios de inclusión de la búsqueda manual de las bases de datos Scopus, Lilacs, Science direct, Journals y literatura gris (Figura 1). La suma total de 319 referencias fueron almacenadas. Los duplicados se eliminaron, lo que resultó en 296 referencias únicas. Se excluyeron 290 referencias (Anexo 5) por razones como:

- Estudios que reportaban uso de métodos para evaluar la capacidad de sellado como filtración de fluidos y penetración de tinte.
- Estudios que reportaban evaluación de la capacidad de sellado de biocerámicos en obturación retrograda.

Finalmente se incluyeron 6 artículos para el análisis cualitativo (22, 28, 29, 30, 31, 32). El proceso de selección se puede observar en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1). Los seis estudios fueron publicados entre los años 2013 y 2018 (Tabla 1, 2). Evaluaron la capacidad de sellado de forma cuantitativa mostrando valores en porcentajes (%) y en milímetros cúbicos ( $\text{mm}^3$ ) de los espacios sin obturar. En cuatro de los estudios utilizaron como tipo de pieza dentaria premolares uniradiculares (66.66%), un estudio utilizó piezas anteriores (16.66%), y otro utilizó la raíz distovestibular de molares superiores (16.66%). El tamaño de muestra de las piezas incluidas en los estudios presenta un valor mínimo de dieciséis y un valor máximo de sesenta piezas dentarias. La obturación de las muestras con el sellador biocerámico se realizó con la técnica de

como único en cuatro de los estudios (66.66%), sin embargo, sólo en uno de ellos obturaron con la técnica de compactación vertical para el grupo del sellador convencional. La técnica de compactación lateral la utilizaron en un estudio (16.66%) y la técnica thermafil se realizó también en un estudio (16.66%) para ambos grupos de comparación. El material de elección en los seis estudios para ser comparado con el sellador biocerámico fue el sellador a base de resina epóxica AH Plus (100%) y solo en un estudio, además de este sellador, utilizaron uno a base de ionómero de vidrio.

Los seis estudios evaluados utilizaron el método de micro CT (100%), y sólo en dos estudios reportan tamaños de vóxel de 9  $\mu\text{m}$  y 13.73  $\mu\text{m}$  respectivamente (22, 32).

Todos los estudios reportan la presentación del material biocerámico, en cuatro de ellos es premezclado (66.66%) y en dos, es polvo líquido (33.33%).

Gandolfi y col. indicaron que el porcentaje de espacios para el sellador biocerámico MTA flow fue de 0.37% en el tercio apical y para el sellador a base de resina AH Plus de 1.19% de espacios a los 7 días. A los 6 meses, los valores fueron para MTA flow de 0.19% y AH Plus 0.73%, respectivamente. El porcentaje de espacios en el tercio apical fue significativamente más bajo para el sellador MTA flow a los 7 días y 6 meses de almacenamiento. En los tercios medio y coronal no se encontraron diferencias significativas entre los grupos (28).

Celikten y col. observaron el volumen de espacios sin obturar para los selladores EndoSequence BC Sealer, Smartpaste bio, AH plus y ActiV GP (Tabla 4). Los valores obtenidos en el tercio apical fueron de 0.214% - 0.358%, en el tercio medio de 0.388% - 0.525% y en el tercio coronal de 0.818% - 1.564%. No existe una diferencia

significativa en el porcentaje de espacios sin obturar. Sin embargo, en el análisis por tercios se mostraron una reducción considerable de espacios para los selladores biocerámicos con una diferencia significativa entre el tercio apical y coronal (29).

Kim y col. reportaron valores en porcentaje de espacios sin obturar para el grupo biocerámico Endoseal MTA de 9.67% y para el grupo AH plus de 7.31%; e indicaron que no hubo diferencias significativas entre los grupos (30).

Yanpiset y col. observaron muestras filtradas y no filtradas por el *Enterococcus faecalis* obturadas con el sellador Totalfill BC sealer y AH Plus. En las muestras filtradas el grupo del biocerámico Totalfill BC sealer mostró valores del porcentaje total de espacios entre 0.002–0.004 %, para el grupo AH Plus obtuvieron un porcentaje mayor, de 0.127%–0.139%. En las muestras no filtradas el sellador Totalfill BC tuvo un valor de 0.001 – 0.002% y el grupo AH Plus de 0.048 – 0.125%. Detectaron mayor porcentaje de espacios en el tercio coronal de los conductos radiculares, en lugar de los del tercio medio y apical. Sin embargo, los grupos experimentales no se consideraron diferencias significativas (31).

Viapiana y col. reportaron que el porcentaje de espacios para el biocerámico BioRoot RCS fue de 1.755 %, significativamente mayor al porcentaje del sellador a base de resina AH Plus 0.260 % (32).

Huang Y, Celikten B y col. observaron diferencias significativas entre los selladores biocerámicos y el sellador a base de resina en el tercio apical y coronal, los valores para los selladores biocerámicos Total BC fue de 0.301 mm<sup>3</sup> y para Sure Seal de 0.324mm<sup>3</sup>, mostraron un menor volumen de espacios en comparación al valor obtenido de

0.498mm<sup>3</sup> para el sellador AH Plus en el tercio apical. En el tercio coronal los valores obtenidos para los selladores biocerámicos fueron para Total BC de 0.928 mm<sup>3</sup> y Sure Seal de 0.955mm<sup>3</sup> en comparación al sellador convencional AH Plus que obtuvo 1.427mm<sup>3</sup>. En el tercio medio no se observaron diferencias significativas (22).

### **Riesgo de sesgos**

En los estudios preclínicos, la media de cumplimiento del CONSORT modificado fue del 63.33% (todos los estudios tuvieron una puntuación por encima del 60%, excepto uno que tuvo una puntuación del 53.3% (Gandolfi y col. 2013)). Ninguno de los estudios cumplió a plenitud con los ítems. Todos mostraban un resumen bien estructurado, un respaldo científico adecuado, como se realizó la intervención en detalle y la información de los métodos estadísticos a utilizar. Ninguno de ellos mostró un protocolo de investigación disponible, aunque uno de ellos presentaba un código de protocolo, éste no estaba disponible en la versión online publicada (Yanpiset y col. 2018). Ningún estudio reportó como obtuvo la muestra, el método de aleatorización empleado en caso de haberse realizado, ni quienes realizaron los procedimientos. Por otro lado, se observó una variación en el establecimiento de objetivos e hipótesis predefinidas, cegamiento de los participantes de la investigación y reporte de financiamiento o conflicto de intereses.



## V. DISCUSIÓN

El sellado de los conductos radiculares es esencial dentro la práctica endodóntica. Con el tiempo diversos estudios han evaluado esta propiedad considerada clínicamente relevante que debe poseer cualquier material que se utilice con el fin de obturar el sistema de conductos radiculares para lograr el éxito del tratamiento endodóntico a largo plazo (33).

Los selladores biocerámicos que se han utilizado en los últimos años son materiales que podrían cumplir con esta particular propiedad, sin embargo, hay poca información relevante en la literatura, por esta razón evaluamos sistemáticamente estudios in vitro acerca de la capacidad de sellado de los cementos biocerámicos en la obturación de los conductos radiculares mediante el método de micro CT (17).

Los resultados obtenidos indican que en tres estudios se reportan una mejor capacidad de sellado en el tercio apical para el grupo de los selladores biocerámicos en comparación al grupo del sellador convencional (22, 28, 29), en dos mostraron similar capacidad de sellado entre ambos selladores (30, 31), y solo en un estudio se reportó una mejor capacidad de sellado para el convencional (32).

Gandolfi y col. evaluaron los selladores MTA flow y AH Plus, dividieron la raíz en tres tercios; tercio apical, medio y coronal, además las muestras fueron analizadas a los 7 días y luego a los 6 meses después de la obturación, visualizando una reducción en el porcentaje de espacios con un tiempo de almacenamiento más largo.

Los resultados mostraron diferencias significativas en el tercio apical con una reducción del porcentaje de espacios para el sellador biocerámico MTA flow en comparación al sellador a base de resina AH Plus a los 7 días y 6 meses de seguimiento (28).

En los estudios de Weller y col., Gandolfi y col. reportaron una reducción a lo largo del tiempo en la microfiltración apical para cementos basados en MTA. Es probable que se formen depósitos de apatita y llenen los espacios dentro de los selladores y por lo tanto puedan contribuir a su reducción (34, 35).

Celikten y col. evaluaron la capacidad de sellado mediante la presencia de espacios sin obturar en conductos radiculares obturados con diferentes selladores: EndoSequence BC Sealer, Smartpaste bio, ActiV GP y AH Plus. Este estudio se realizó con el método de micro CT, el cual muestra en forma detallada la medición del volumen de los espacios sin obturar en todo el conducto radicular y se dividió en tres regiones: tercio apical, medio y coronal. Además, los espacios observados en el análisis visual de las imágenes fueron denominados como espacios internos (dentro del material de obturación), espacios externos (a lo largo de la pared interna del conducto radicular o la superficie externa de los materiales de obturación) y espacios combinados (combinación de espacios internos y externos). Los autores informaron que los selladores biocerámicos Endo-Sequence BC Sealer y Smartpaste bio presentaron una capacidad de sellado similar al sellador AH Plus en todo el conducto radicular, sin embargo, concluyeron que en el análisis por tercios los selladores biocerámicos tuvieron la menor cantidad de espacios en el tercio apical de los conductos radiculares en comparación al sellador a base de resina AH Plus, y el sellador ActiV GP a base de ionómero de vidrio (29).

Viapiana y col. investigaron el sellador biocerámico BioRoot RCS y el sellador AH Plus a base de resina, los resultados del análisis de micro CT revelaron un porcentaje mayor de espacios para BioRoot RCS, lo que indica una mejor capacidad de sellado para el sellador AH Plus en todo el conducto radicular (32).

Los autores mencionan que los resultados de este estudio se deben a una limitación en el uso de micro CT, debido a la diferencia de la radiopacidad entre los materiales en estudio. Como la medición depende de los rayos X, las diferencias en la radiopacidad del material se pueden considerar como un factor limitante con esta técnica (32).

También mencionan que esta diferencia podría estar relacionada con las propiedades del sellador, ya que BioRoot RCS tiene un tiempo de trabajo más corto y menos flujo que AH Plus (32).

Sin embargo observamos que en este estudio se utiliza el sellador BioRoot RCS que tiene una presentación polvo / líquido a comparación de los otros estudios que utilizan la presentación en jeringas premezcladas con puntas intra-canal; con una excelente fluidez que podría ayudar al operador clínico a reducir el tiempo de trabajo, obteniendo un cemento homogéneo y bien proporcionado en sus componentes, a diferencia de este cemento de obturación, cuya preparación podría depender del manejo del operador, y colocar mayor cantidad de líquido al polvo del sellador, aumentando su solubilidad y ocasionando espacios dentro del sellador (36, 37).

Por otro lado, en la evaluación de riesgo de sesgos no reportan si el investigador fue cegado al realizar la obturación de las muestras ni como se controló la proporción de cada componente del material, lo que podría ocasionar algún sesgo en los resultados.

En el estudio de Huang y col., se evaluaron los selladores biocerámicos Total Fill BC Sealer y Sure Seal Root en comparación con el sellador AH Plus mediante el método de micro CT y para complementar el estudio también utilizaron la Tomografía Computarizada de rayos X

a escala nanométrica (nano CT) que esta reportado puede producir imágenes con una alta resolución y cuantificar las microarquitecturas tisulares (22).

Los resultados del estudio con el método de micro CT no presentaron diferencias significativas entre los selladores en la evaluación total de los espacios, sin embargo, en la evaluación con el método de nano CT si obtuvieron una diferencia estadísticamente significativa tanto para el total de los espacios como para los diferentes tercios de la raíz, demostrando una mejor capacidad de sellado para los selladores biocerámicos Total BC y Sure Seal a diferencia del sellador AH Plus (22).

Los autores mencionan que los resultados obtenidos con el método de micro CT podrían deberse a la resolución del vóxel, en este estudio utilizaron un tamaño de vóxel más alto (13.73  $\mu\text{m}$ ) en comparación al menor tamaño de vóxel utilizado en el nano CT (1.58  $\mu\text{m}$ ) donde observaron diferencias significativas tanto en el análisis de todo el conducto radicular como en el análisis por tercios (22). Según la literatura el tamaño de vóxel es decisivo para obtener resultados precisos, particularmente en el cálculo de los espacios de la obturación endodóntica; y se ha reportado subestimación del volumen de los espacios al usar micro CT de baja resolución (39, 40).

Kim y col. evaluaron el sellador biocerámico Endoseal MTA con la técnica de cono único y el sellador AH Plus con la técnica de compactación vertical caliente, además en un grupo utilizaron activación ultrasónica mediante el cono principal hacia el sellador biocerámico colocado dentro del conducto radicular. Los resultados no demostraron diferencias significativas en la capacidad de sellado entre los grupos Endoseal MTA y AH plus, sin embargo indicaron que el biocerámico Endoseal MTA trabaja mejor al aplicar activación ultrasónica debido a que la vibración reduce las burbujas de aire que podrían generar

espacios, en este caso el porcentaje de espacios para el grupo Endoseal MTA con activación ultrasónica disminuye de un 9.67% a 7.87% (tabla 4).

En el estudio de Parashos y col. reportan que una activación ultrasónica excesiva afecta las propiedades del MTA y la formación de espacios (41), por lo tanto Kim y col. sugieren una activación suave y controlada para obtener resultados favorables, es decir la onda ultrasónica generada desde el dispositivo debe pasar por tres medios; la punta ultrasónica, la pinza y el cono de gutapercha. De esta manera mencionan que la amplitud real transmitida al cono de gutapercha se redujo sin afectar la integridad del sellador (30).

Sin embargo, no observamos una concordancia en la metodología debido a que utilizan diferentes técnicas de obturación para cada grupo, y según se reporta en la literatura si existen diferencias significativas entre los diferentes tipos de técnicas utilizadas para la obturación de los conductos (42).

También mencionaron que la resolución del micro CT no fue suficiente para detectar pequeños espacios, aunque no mencionan la resolución del vóxel utilizado en su estudio (31).

Yanpiset y col. realizaron una prueba de filtración bacteriana con exposición al *Enterococcus faecalis* por sesenta días previo al análisis por micro CT, obtuvieron muestras filtradas y no filtradas por esta bacteria. También utilizaron gutapercha biocerámica para la obturación con el sellador biocerámico BC sealer y el sellador a base de resina AH Plus, aunque observaron una disminución en los valores del porcentaje de espacios utilizando la gutapercha biocerámica (tabla 4), sin embargo, no obtuvieron diferencias significativas y la capacidad de sellado se consideró similar en ambos grupos. Los autores mencionan que la resolución

del escáner de micro CT no fue capaz de detectar una brecha menor de 10 – 20  $\mu\text{m}$ , por esta razón podría haber algunos espacios no detectados (31).

Los selladores biocerámicos presentan una reacción química definida como reacción de hidratación, donde su componente principal, el silicato de calcio al hidratarse forma un gel de silicato de calcio e hidróxido de calcio (43). El hidróxido de calcio formado se disocia en iones de calcio y aumenta el pH del medio creando las condiciones para la formación de hidroxiapatita (44).

Estas reacciones denominan su característica Bioactiva, es decir que utilizan el agua inherente a los túbulos dentinarios para impulsar la reacción de hidratación del material, ya que la dentina está compuesta de aproximadamente un 20% en volumen de agua, se inicia el proceso de fraguado y, en última instancia, la formación de hidroxiapatita (45).

Además, la interacción del biocerámico con la matriz orgánica e inorgánica de la dentina forma un área intermedia denominada zona de infiltración mineral, esta área proporciona un excelente sellado biológico minimizando la filtración bacteriana (46).

Se ha informado que se produciría por un proceso de difusión mineral desde el biocerámico a la dentina luego de un efecto de desnaturalización por su fuerte pH alcalino. Se forman prolongaciones minerales intratubulares compuestas frecuentemente por Ca, P y Si formando una unión entre la dentina y el material (47). Esta capa se ha reportado ser de un grosor de  $6,5 \pm 0,6 \mu\text{m}$ . De esta manera estos depósitos minerales ayudarían a reducir la filtración ocupando los espacios entre la dentina y el material. Se incrementa la mineralización en esta región y se produce la adhesión del cemento a la superficie del diente (48).

Los cementos biocerámicos tienen como ventaja principal formar hidroxiapatita, lo que permite crear una unión estable entre la dentina y el sellador mediante el depósito de fosfatos de calcio en la interfaz y de esta manera poder mejorar la capacidad de sellado (49).

El material utilizado en los seis estudios incluidos para ser comparado con el biocerámico fue el sellador AH Plus a base de resina epóxica, y solo en un estudio, además de este sellador utilizó uno a base de ionómero de vidrio. Dentro de los 296 artículos revisados, existían algunos que utilizaron selladores convencionales a base de óxido de zinc eugenol, siliconas e hidróxido de calcio, sin embargo, al no cumplir con los criterios de inclusión no se incorporaron en la presente revisión sistemática (22, 28, 29, 30, 31, 32).

El sellador AH Plus se considera uno de los selladores estándar en endodoncia moderna debido a que los estudios indican que presenta un mejor sellado apical y mayor radiopacidad en comparación a otros selladores convencionales, por otro lado, estudios reportan que se contrae tras la polimerización, y esto podría desintegrar la adaptación y provocar la desunión de la pared del conducto radicular (50).

A diferencia de los selladores a base de resina, los biocerámicos pueden presentar una expansión de 0.2% - 6% aproximadamente que va a mejorar su adaptación a las paredes del canal (51). Esta expansión y la unión química hacen una fuerte contribución a la capacidad de sellado (52).

La actividad antibacteriana de los selladores biocerámicos se basa en su capacidad para liberar iones de calcio e hidroxilo y aumentar el pH del ambiente circundante, los efectos del biocerámico en las bacterias se deben probablemente a la desnaturalización de las proteínas y daño en el ADN y las membranas citoplasmáticas (53). Según Prati y col., un pH de 10.5

– 11 retarda el crecimiento de *Enterococcus faecalis*, mientras que no ocurre un crecimiento a un pH mayor o igual a 11.5. (44).

En el estudio de Alsubait y col., demuestran que la actividad antibacteriana del sellador AH Plus permanece por un tiempo mínimo en comparación a los selladores biocerámicos que demostraron la mayor reducción del biofilm de *Enterococcus faecalis* a los 30 días (54).

Entre los componentes de los biocerámicos tenemos a los silicatos de calcio que tienen como función liberar iones de calcio y además brindan resistencia mecánica, otros componentes como el vidrio y el fosfato de calcio también son bioactivos e interactúan con el tejido circundante para estimular su crecimiento (55). Por otro lado el óxido de bismuto; un agente radiopacificador, es uno de los componentes de la mayoría de los selladores convencionales e incluso de los cementos a base de MTA, con el tiempo se demostró que puede afectar los procesos de hidratación de las partículas de los silicatos tricálcicos y también afectar la precipitación del hidróxido de calcio (CH) en la pasta hidratada (56); además puede producir la decoloración de los dientes, especialmente en contacto con el hipoclorito de sodio (57).

Por estas razones en los nuevos cementos biocerámicos a base de silicato tricálcico cambiaron el óxido de bismuto por el óxido de zirconio para evitar estas reacciones (58).

Estudios previos evaluaron la capacidad de sellado utilizando diferentes métodos como filtración de fluidos, penetración de tinte, secciones histológicas; los cuales han demostrado que deben ser realizados con un amplio tamaño de muestra o algunos casos de una manera destructiva quedando menos material para evaluar (59).



El comité editorial de la revista “Journal of Endodontics”, una de las revistas de mayor factor de impacto en el área acordó restringir la publicación de estudios utilizando los métodos de filtración de fluidos y penetración de tintes para la evaluación del sellado (60).

En esta revisión se tomó en cuenta estudios in vitro que utilizaron el método de micro CT, hasta el momento es considerado por diversos estudios como el gold standard para analizar la capacidad de sellado porque brinda una imagen muy precisa y permite la reproducibilidad de los resultados; facilitando el análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras, es decir de las diferencias entre los materiales de obturación y espacios dejados cuando no existe una correcta obturación, además permite medir volúmenes mediante un software así como también es posible localizar detalles específicos con un análisis visual de las imágenes (61, 62, 63).

Desde otro punto de vista el método de nano CT ha demostrado que permite una penetración del tejido dentinario y de los selladores con una excelente calidad de imagen, sin embargo, se necesitan investigaciones adicionales que utilicen este método que parece prometedor para obtener resultados más precisos (22)

La técnica de cono único es recomendada para la obturación con los cementos biocerámicos, un beneficio potencial de ambos es la capacidad de mantener un diseño de preparación más conservador al realizar la instrumentación sin ningún tipo de reducción agresiva de la dentina. Las técnicas tradicionales de compactación lateral y vertical pueden exigir un mayor tamaño de preparación para que ingrese el espaciador y/o compactador dentro del conducto. La conservación de la dentina es muy importante para proteger la pieza dentaria del inicio y la propagación de fracturas verticales (64, 65).

Dentro de las limitaciones de la presente revisión, destacan la poca cantidad de estudios in vitro que cumplieron con los criterios de inclusión. A pesar de que todos cumplieron con más de la mitad de los ítems del CONSORT modificado, los no cumplidos son muy importantes para determinar la validez y confianza de las investigaciones.

Esta revisión hace palpable la escasez de métodos estandarizados para probar la capacidad de sellado de los selladores endodónticos.

En nuestra institución es la primera revisión sistemática realizada en el posgrado de Endodoncia, que esperamos sirva como punto de inicio para el desarrollo y mejora de futuras investigaciones dentro de las diferentes líneas afines.

## **VI. CONCLUSIONES**

En esta revisión sistemática podemos concluir que los selladores a base de biocerámicos mostraron mejor capacidad de sellado en el tercio apical que los selladores convencionales utilizando el método de evaluación por micro CT.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974; 18(2):269-96.
2. Mohamed El Sayed MAA, Al Hussein H. Apical dye leakage of two single-cone root canal core materials (hydrophilic core material and gutta-percha) sealed by different types of endodontic sealers: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2018; 21(2):147-52.
3. Vertucci F. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures *Endod Topics* 2005; 10(1):3-29.
4. Ahmed HMA, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH. A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J.* 2017; 50(8):761-70.
5. JOE Editorial Board. Success and Failure in Endodontics: An Online Study Guide. *J Endod.* 2008; 34(5):1-6.
6. De Moor R, Hommez G. The importance of apical and coronal leakage in the success or failure of endodontic treatment. *Rev Belge Med Dent.* 2000; 55(4):334-44.
7. Von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an in vitro study. *Int Endod J.* 2000; 33(4):355-60.
8. Mokhtari H, Shahi S, Janani M, Reyhani MF, Mokhtari Zonouzi HR, Rahimi S, Sadr Kheradmand HR. Evaluation of Apical Leakage in Root Canals Obturated with Three Different Sealers in Presence or Absence of Smear Layer. *Iran Endod J.* 2015; 10(2):131-4.

9. Ingle J. Endodoncia. 5<sup>a</sup> ed. México: Editorial Interamericana; 2002.
10. Flores DS, Rached FJ Jr, Versiani MA, Guedes DF, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *Int Endod J*. 2011; 44(2):126-35.
11. Libonati A, Montemurro E, Nardi R, Campanella V. Percentage of Gutta-percha-filled Areas in Canals Obturated by 3 Different Techniques with and without the Use of Endodontic Sealer. *J Endod*. 2018; 44(3):506-9.
12. Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta Odontol Scand*. 2013; 71(3-4):857-62.
13. Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani KM, Kotadia P. Bioceramics in endodontics -a review. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2017; 51(3):128-137.
14. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 1999 Mar; 25(3):197-205.
15. Ahuja L, Jasuja P, Verma KG, Juneja S, Mathur A, Walia R, Kakkar A, Singla M. A Comparative Evaluation of Sealing Ability of New MTA Based Sealers with Conventional Resin Based Sealer: An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2016 Jul; 10(7):76-9.
16. Ballullaya SV, Vinay V, Thumu J, Devalla S, Bollu IP, Balla S. Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers. *J Clin Diagn Res*. 2017; 11(6):65-68.
17. Debelian G, Trope M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2016; 30:70-80.

18. Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. Comparative biocompatibility and osteogenic potential of two bioceramic sealers. *J Endod.* 2019; 45(1):51-56.
19. Jafari F, Jafari S. Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2017; 9(6):e812-e819.
20. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1994; 27:233–8.
21. Drukteinis S, Peciuliene V, Dummer PMH, Hupp J. Shaping ability of BioRace, ProTaper NEXT and Genius nickel-titanium instruments in curved canals of mandibular molars: a MicroCT study. *Int Endod J.* 2019 Jan; 52(1):86-93.
22. Huang Y, Celikten B, de Faria Vasconcelos K, Ferreira Pinheiro Nicolielo L, Lippiatt N, Buyuksungur A, Jacobs R, Orhan K. Micro-CT and nano-CT analysis of filling quality of three different endodontic sealers. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017; 46(8):20170223.
23. Ignacio Ferreira González. Revisión sistemática y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Rev Esp Cardiol.* 2011; 64(8):688–696.
24. Higgins JPT, Green S. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.1.0. The Cochrane Collaboration, 2011. Available from [www.cochrane-handbook.org](http://www.cochrane-handbook.org).
25. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting item for systematic reviews and metaanalyses: the PRISMA statement. *PLOS Med* 2009;6:1000097.

26. Faggion CM Jr. Guidelines for reporting pre-clinical in vitro studies on dental materials. *J Evid Based Dent Pract.* 2012 Dec; 12(4):182-9.
27. Landis R. Measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33(1): 159-174.
28. Gandolfi MG, Parrilli AP, Fini M, Prati C, Dummer PM. 3D micro-CT analysis of the interface voids associated with Thermafil root fillings used with AH Plus or a flowable MTA sealer. *Int Endod J.* 2013 Mar; 46(3):253-63.
29. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S, Demiralp KÖ. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning.* 2016; 38(2):133-40.
30. Kim JA, Hwang YC, Rosa V, Yu MK, Lee KW, Min KS. Root Canal Filling Quality of a Premixed Calcium Silicate Endodontic Sealer Applied Using Gutta-percha Cone-mediated Ultrasonic Activation. *J Endod.* 2018; 44(1):133-138.
31. Yanpiset K, Banomyong D, Chotvorrarak K, Srisatjaluk RL. Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique. *Restor Dent Endod.* 2018 Jul 5;43(3):e30.
32. Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J.* 2016 Aug; 49(8):774-82.

33. Vujasković M, Teodorović N. Analysis of sealing ability of root canal sealers using scanning electronic microscopy technique. *Srp Arh Celok Lek.* 2010 Nov-Dec; 138(11-12):694-8.
34. Weller RN, Tay KC, Garrett LV, Mai S, Primus CM, Gutmann JL, Pashley DH, Tay FR. Microscopic appearance and apical seal of root canals filled with gutta-percha and ProRoot Endo Sealer after immersion in a phosphate-containing fluid. *Int Endod J.* 2008; 41(11):977-86.
35. Gandolfi MG, Taddei P, Tinti A, Prati C. Apatite-forming ability (bioactivity) of ProRoot MTA. *Int Endod J.* 2010 Oct; 43(10):917-29.
36. Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. Properties of BioRoot RCS a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *Int Endod J.* 2017; 50(2):120-136.
37. Koch K, et al. A review of bioceramic technology in endodontics, *Roots International Magazine of Endodontology.* 2013; 1: 6-13.
38. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorg Chem Appl.* 2017; 2017:2582849.
39. Orhan K, Jacobs R, Celikten B, Huang Y, de Faria Vasconcelos K, Nicolielo LFP, Buyuksungur A, Van Dessel J. Evaluation of Threshold Values for Root Canal Filling Voids in Micro-CT and Nano-CT Images. *Scanning.* 2018; 16:9437569.



40. Swain M. V., Xue J. State of the art of micro-CT applications in dental research. *International Journal of Oral Science*. 2009; 1(4):177–188.
41. Parashos P, Phoon A, Sathorn C. Effect of ultrasonication on physical properties of mineral trioxide aggregate. *Biomed Res Int* 2014; 2014:191984.
42. Neuhaus KW, Schick A, Lussi A. Apical filling characteristics of carrier-based techniques vs. single cone technique in curved root canals. *Clin Oral Investig*. 2016 Sep; 20(7):1631-7.
43. Camilleri J.  
Characterization and hydration kinetics of tricalcium silicate cement for use as a dental biomaterial. *Dent Mater*. 2011; 27(8):836-44.
44. 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):111-24.
45. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater*. 2015; 31(4):351-70.
46. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J*. 2011 Dec;44(12):1081-7.
47. Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *Int Endod J*. 2013 Sep; 46(9):808-14.
48. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J Dent Res*. 2012 May; 91(5):454-9.

49. Debelian G, Trope M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2016; 30(2):70-80.
50. Sonntag D, Ritter A, Burkhart A, Fischer J, Mondrzyk A, Ritter H. Experimental amine-epoxide sealer: a physicochemical study in comparison with AH Plus and Easy Seal. *Int Endod J*. 2015 Aug; 48(8):747-56.
51. Pawar SS, Pujar MA, Makandar SD. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2014 Nov; 17(6):579-82.
52. Taşdemir T, Er K, Çelik D, Tahan E, Serper A, Ceyhanli KT, Yeşilyurt C. Bond strength of calcium silicate based sealers to dentine dried with different techniques. *Med Princ Pract*. 2014; 23(4):373-6.
53. Candeiro GTM, Moura-Netto C, D'Almeida-Couto RS, Azambuja-Júnior N, Marques MM, Cai S, Gavini G. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *Int Endod J*. 2016 Sep; 49(9):858-864.
54. Alsubait S, Albader S, Alajlan N, Alkhunaini N, Niazy A, Almahdy A. Comparison of the antibacterial activity of calcium silicate- and epoxy resin-based endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms: a confocal laser-scanning microscopy analysis. *Odontology*. 2019 Oct; 107(4):513-520.
55. Eliaz N, Metoki N. Calcium Phosphate Bioceramics: A Review of Their History, Structure, Properties, Coating Technologies and Biomedical Applications. *Materials (Basel)*. 2017; 24:10(4).

56. Camilleri J. Characterization of hydration products of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2008; 41(5):408-17.
57. Camilleri J. Color stability of white mineral trioxide aggregate in contact with hypochlorite solution. *J Endod.* 2014; 40(3):436-40.
58. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod.* 2016;42(10):1529-35.
59. Jafari F, Rahimi S, Shahi S, Jafari S. Endodontic microleakage studies: correlation among different methods, clinical relevance, and potential laboratory errors. *Minerva Stomatol.* 2017; 66(4):169-177.
60. Wanted: a base of evidence. *J Endod.* 2007;33:1401–2.
61. Crăciunescu EL, Boariu M, Ioniță C, Pop DM, Sinescu C, Romînu M, Negruțiu ML. Micro-CT and optical microscopy imagistic investigations of root canal morphology. *Rom J Morphol Embryol.* 2016;57(3):1069-1073.
62. Celikten B, F Uzuntas C, I Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, O Demiralp K, Orhan K. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *J Oral Sci.* 2015;57(4):361-6.
63. Zogheib C, Naaman A, Sigurdsson A, Medioni E, Bourbouze G, Arbab-Chirani R. Comparative micro-computed tomographic evaluation of two carrier-based obturation systems. *Clin Oral Investig.* 2013; 17(8):1879-83.

64. Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, Fayyad DM. Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. *J Endod.* 2011 Nov; 37(11):1590-2.
65. Capar ID, Saygili G, Ergun H, Gok T, Arslan H, Ertas H. Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dent Traumatol.* 2015 Aug; 31(4):302-7.

## TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

**Tabla 1.** Extracción de datos de los estudios incluidos en la Revisión Sistemática

Autor	Año	Tipo de estudio in vitro	Objetivo del estudio	Evaluación de la propiedad	Número de piezas incluidas	Tipo de pieza incluida
<b>Gandolfi M</b>	2013	2	Investigar de forma no destructiva el porcentaje de espacios en una interfase predefinida a lo largo del conducto radicular utilizando AH Plus un sellador a base de resina epóxica y MTA Flow un sellador a base de silicato de calcio utilizando con la técnica de obturación Thermafil	Capacidad de sellado	60	4
<b>Celikten B</b>	2016	2	Evaluar y comparar la presencia de espacios en conductos radiculares ovals obturados con dos cementos biocerámicos, uno a base de iónomero de vidrio y uno a base de resina (EndoSequence BC Sealer, Smartpaste bio, ActiV GP y AH Plus)	Capacidad de sellado	40	4
<b>Viapiana R</b>	2016	2	Investigar la capacidad de BioRoot RCS, un sellador a base de silicato tricálcico y el sellador AH Plus para obturar efectivamente el canal radicular	Capacidad de sellado	20	4
<b>Huang Y</b>	2017	2	Evaluar cuantitativamente espacios en modelos representativos de los selladores biocerámicos Total Fill y Sure Seal Root en comparación al sellador AH Plus utilizando micro CT y nano CT y además explorar la viabilidad de usar nano CT	Capacidad de sellado	30	1
<b>Kim</b>	2018	2	Investigar la calidad de obturación de un sellador a base de silicato de calcio Endoseal MTA con una técnica de cono único en comparación con un sellador a base de resina AH plus con compactación vertical caliente	Capacidad de sellado	30	4
<b>Yanpiset K</b>	2018	2	Evaluar la capacidad de sellado y la filtración bacteriana en conductos radiculares obturados con gutapercha o cono biocerámico en combinación con un sellador biocerámico Total Fill o un sellador a base de resina AH Plus	Capacidad de sellado	16	5

Tipo de estudio in vitro: animal (1), humanos (2), otros (3) Tipo de pieza incluida: incisivo central (1), incisivo lateral (2), canino (3), premolar (4), molar (5)

**Tabla 2.** Extracción de datos de los estudios incluidos en la Revisión Sistemática (continuación)

Autor	Año	Tipo de raíz incluida	Número de conductos incluidos	Forma de conductos incluidos	Técnica de obturación	Material de obturación	Composición del material de obturación	Presentación de cemento	Método de análisis	Material de análisis/ Instrumento usado	Unidad de análisis	Análisis estadístico	Resultados buscados	Resultados descritos
<b>Gandolfi M</b>	2013	Uni radicular	Único	Redondos	Thermafil	1 biocerámico 1 resina	Silicato de calcio que contiene un polímero a base de éter orgánico hidrofílico	2	micro CT Microscopia electrónica de barrido	Imágenes micro CT/software	vóxels	ANOVA unidireccional	% de espacios tercio apical, medio y coronal	El % de espacios en el tercio apical fueron significativamente más bajos para MTA Flow comparado con AH Plus a los 7 días y 6 meses
<b>Celikten B</b>	2016	Uni radicular	Único	Oval	Cono Único	2 biocerámicos 1 iónómero de vidrio 1 resina	Silicatos de calcio, óxido de zirconio, fosfato de calcio monobásico, hidróxido de calcio, relleno y agentes espesantes	1	micro CT	Imágenes micro CT/software	vóxels	Prueba Kruskal Wallis Prueba Mann-Whitney's U post-hoc	% espacios (tercio apical, medio y coronal) % espacios (internos, externos y combinados), % de obturación (suma del volumen de gutapercha y sellador)	No diferencias significativas en el % de espacios. Si hubo diferencias significativas en el tercio apical, menor % para biocerámicos
<b>Viapiana R</b>	2016	Uni radicular	Único	NR	Compactación lateral	1 biocerámico 1 resina	Silicato tricálcico óxido de zirconio	2	micro CT Transporte de fluidos Filtración de microesferas fluorescentes	Imágenes micro CT/software	vóxels	Prueba Mann-Whitney	% de espacios	El sellador biocerámico tuvo un % significativamente mayor de espacios en comparación al sellador a base de resina
<b>Huang Y</b>	2017	Uni radicular	Único	Redondos	Cono único	2 biocerámicos 1 resina	Silicato de calcio	1	micro CT y nano CT	Imágenes micro CT/software	vóxels	Prueba Kruskal Wallis Prueba Mann-Whitney's U post-hoc	volumen de espacios (tercio apical, medio y coronal) % de espacios (internos, externos y combinados), % de obturación	Si hubo diferencias significativas en el tercio apical y coronal, menor volumen para biocerámicos
<b>Kim</b>	2018	Uni radicular	Único	Oval	Cono único Compactación vertical	1 biocerámico 1 resina	Silicato de calcio	1	micro CT Estereomicroscopía	Imágenes micro CT/software	vóxels	Prueba Kolmogorov-Smirnov ANOVA unidireccional Prueba Tukey	% de espacios % Proporción de sección con espacios	No hubo diferencias significativas entre los grupos
<b>Yanpiset K</b>	2018	Disto vestibular	Disto vestibular	Redondos	Cono único	1 biocerámico 1 resina	NR	1	micro CT Filtración bacteriana	Imágenes micro CT/software	vóxels	Prueba log rank	% total de espacios	No hubo diferencias significativas

Presentación del cemento: premezclado (1), polvo líquido (2) NR: No reporta

**Tabla 3.** Lista CONSORT modificado

AUTOR	AÑO	1	2a	2b	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	% DE ITEMS CUMPLIDOS
		Resumen estructurado del diseño del ensayo, métodos, resultados y conclusiones	Antecedentes científicos y explicación de la justificación	Objetivos específicos e hipótesis	La intervención para cada grupo, incluyendo cómo y cuándo se administró, con detalles suficientes para permitir la replicación	Completamente definido, medidas de resultado prespecificado primario y secundario, incluyendo cómo y cuándo fueron evaluadas	Cómo se determinó el tamaño de la muestra	Método utilizado para generar la secuencia de asignación aleatoria	Mecanismo utilizado para implementar la secuencia de asignación aleatoria (por ejemplo, contenedores numerados secuenciales, etc.), que describe los pasos tomados para ocultar la secuencia hasta que se asignó la intervención	Quién generó la secuencia de asignación aleatoria, quién inscribió los dientes, y quién asignó los dientes a la intervención	Si se hizo, quién fue cegado después de la asignación a la intervención (por ejemplo, proveedores de atención, aquellos que evalúan los resultados) y cómo	Métodos estadísticos utilizados para comparar grupos para resultados primarios y secundarios	Para cada resultado primario y secundario, resultados para cada grupo, y el tamaño estimado del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de confianza del 95%)	Limitaciones de prueba, abordando fuentes de sesgo potencial, imprecisión y, si es relevante, multiplicidad de análisis	Fuentes de financiamiento y otro tipo de apoyo (por ejemplo, proveedores de medicamentos), función de los financiadores	Donde se puede acceder al protocolo de prueba completo, si está disponible	
Celikten	2016	Y	Y	Y	Y <sup>b</sup>	Y	N <sup>c</sup>	N	N	N <sup>d</sup>	Y	Y	Y	Y	Y <sup>i</sup>	N	73.3
Kim	2018	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y <sup>f</sup>	Y	Y <sup>g</sup>	Y	Y	N	66.7
Viapiana	2015	Y	Y	N <sup>h</sup>	Y	Y	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N	60.0
Gandolfi	2013	Y	Y	N <sup>h</sup>	Y	Y	N	N	N	N	N	Y	Y	Y <sup>i</sup>	N	N	53.3
Yampiset	2018	Y	Y	N <sup>h</sup>	Y	Y	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y <sup>j</sup>	N <sup>k</sup>	60.0
Huang	2017	Y	Y	N <sup>h</sup>	Y	Y	N <sup>d</sup>	N	N	N	Y <sup>f</sup>	Y	Y	Y	Y	N	66.7

Lista obtenida de la guía para reportes de estudios in vitro de materiales dentales (Faggion 2012).

Código de letra: Y, reportado en el artículo, N, no reportado.

<sup>a</sup> No se reportó ninguna hipótesis.

<sup>b</sup> Citó Gandolfi 2013 para explicar la cantidad de material de sellador utilizado.

<sup>c</sup> Aunque se mencione el análisis de poder, la información no es suficiente para el cálculo de la muestra.

<sup>d</sup> No se reportó ninguna fórmula.

<sup>e</sup> Se reportó que el investigador que realizó la obturación fue cegado sobre el material de sellado. Debería tener: 1. iniciales de quien hace las tareas, 2. quién va a evaluar cada paso, 3. reportar quien realiza la aleatorización.

<sup>f</sup> El que fue cegado fue capaz de sellar y analizar los resultados. No hubo especificaciones sobre quién realizó cada fase y no describe cómo se realizó el proceso.

<sup>g</sup> El cegamiento se realizó solo para los evaluadores de resultados pero no está reportado cómo.

<sup>h</sup> La unidad métrica no se describe claramente para cada resultado.

<sup>i</sup> No se mencionaron las limitaciones.

<sup>j</sup> Parcialmente reportado, solo se informa conflicto de intereses, no se detalla la financiación.

<sup>k</sup> Se informa un código de protocolo pero no está disponible.

**Tabla 4. Resultados de los estudios incluidos**

Autor	Regiones	Sellador	Porcentaje de espacios en imágenes micro CT (%)	Volumen de espacios en imágenes micro CT (mm <sup>3</sup> )	
<b>Celikten</b>	Tercio apical	Endosequence BC	0.214		
		Smartpaste bio	0.278		
		ActiV GP	0.358		
		AH Plus	0.299		
	Tercio medio	Endosequence BC	0.388		
		Smartpaste bio	0.487		
		ActiV GP	0.525		
		AH Plus	0.504		
	Tercio coronal	Endosequence BC	0.388		
		Smartpaste bio	0.487		
		ActiV GP	0.525		
		AH Plus	0.504		
<b>Gandolfi</b>	Tercio apical	MTA Flow	0.37 (7 días)		
			0.19 (6 meses)		
		AH Plus	1.19 (7 días)		
			0.73 (6 meses)		
	Tercio medio	MTA Flow	1.36 (7 días)		
			0.96 (6 meses)		
		AH Plus	1.62 (7 días)		
			1.19 (6 meses)		
	Tercio coronal	MTA Flow	2.45 (7 días)		
			1.96 (6 meses)		
		AH Plus	2.21 (7 días)		
			1.83 (6 meses)		
<b>Huang Y</b>	Tercio apical	Total BC sealer		0.301	
		Sure Seal Root		0.324	
		AH Plus		0.498	
	Tercio medio	Total BC sealer		0.398	
		Sure Seal Root		0.412	
		AH Plus		0.425	
	Tercio coronal	Total BC sealer		0.928	
		Sure Seal Root		0.955	
		AH Plus		1.427	
	<b>Kim</b>		Endoseal MTA	9.67	
			AH Plus	7.31	
	<b>Yanpiset</b>		Totalfill	0.001 – 0.002	
		AH plus	0.048 – 0.125		
<b>Viapiana</b>		BioRoot	1.755		
		AH Plus	0.260		



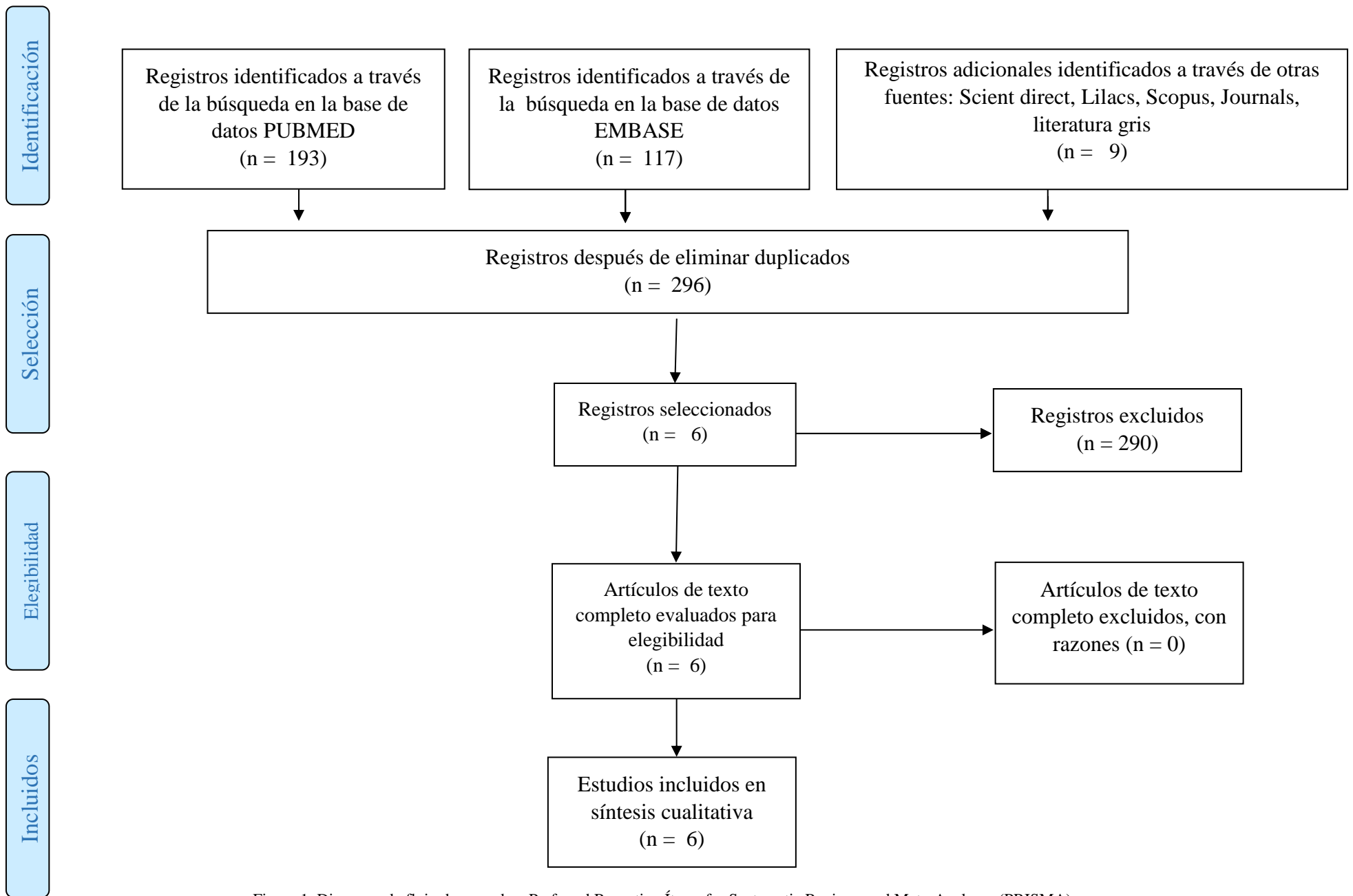


Figura 1. Diagrama de flujo de acuerdo a Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

## ANEXOS

### ANEXO 1 Estrategias de búsqueda en bases Pubmed y Embase

Base de datos	Estrategia de Búsqueda
<b>PUBMED</b>	(("root canal filling materials"[All Fields] OR "root canal filling materials"[MeSH Terms]) OR "endodontic sealer"[All Fields]) AND (((((((("bioceramic"[All Fields] OR "calcium silicate based cements"[All Fields]) OR "zirconium"[MeSH Terms]) OR "zirconium oxide"[All Fields]) OR "calcium silicate"[All Fields]) OR "calcium phosphate"[All Fields]) OR "zinc phosphate cement"[MeSH Terms]) OR "zinc oxide"[MeSH Terms]) OR "hydroxyapatite"[All Fields]) OR "mineral trioxide aggregate"[All Fields]) OR "MTA"[All Fields]) OR "bismuth oxide"[All Fields])) AND ("sealing ability "[All Fields] OR "root canal sealing"[All Fields])
<b>EMBASE</b>	('root canal filling material' OR 'root canal sealants' OR 'endodontic sealer') AND ('sealing ability' OR 'root canal sealing') AND ('bioceramic' OR 'calcium silicate based cements' OR 'zirconium oxide' OR 'calcium silicate' OR 'calcium phosphate' OR 'zinc phosphate'/exp OR 'zinc oxide'/exp OR 'hydroxyapatite'/exp OR 'mineral trioxide aggregate' OR 'mta' OR 'bismuth'/exp OR 'bismuth oxide') AND (2009:py OR 2010:py OR 2011:py OR 2012:py OR 2013:py OR 2014:py OR 2015:py OR 2016:py OR 2017:py OR 2018:py OR 2019:py)

## ANEXO 2 Bases de datos

<b>Base de datos</b>	<b>Dirección Web</b>
<b>Scopus</b>	<a href="https://scopus.com/">https://scopus.com/</a>
<b>Lilacs</b>	<a href="https://lilacs.bvsalud.org/es/">https://lilacs.bvsalud.org/es/</a>
<b>Science direct</b>	<a href="http://www.sciencedirect.com/">http://www.sciencedirect.com/</a>

## ANEXO 3 Revistas del área con mayor factor de impacto según Ranking Scimago (2018)

<b>Revista</b>	<b>Factor de Impacto</b>
<b>International Endodontic Journal</b>	2.14
<b>Journal of Endodontics</b>	1.82
<b>Iranian Endodontic Journal</b>	0.90
<b>Australian Endodontic Journal</b>	0.73

#### ANEXO 4 Estrategia de Búsqueda en literatura gris

<b>Buscador</b>	<b>Dirección Web</b>
<b>Google Scholar</b>	<a href="https://scholar.google.com/">https://scholar.google.com/</a>
<b>Opengrey</b>	<a href="http://www.opengrey.eu/">http://www.opengrey.eu/</a>

## ANEXO 5 Lista de estudios excluidos

1. Hosoya N, Takigawa T, Horie T, Maeda H, Yamamoto Y, Momoi Y, Yamamoto K, Okiji T. A review of the literature on the efficacy of mineral trioxide aggregate in conservative dentistry. *Dent Mater J*. 2019 Oct 2; 38(5):693-700.
2. Baras BH, Wang S, Melo MAS, Tay F, Fouad AF, Arola DD, Weir MD, Xu HHK. Novel bioactive root canal sealer with antibiofilm and remineralization properties. *J Dent*. 2019 Apr; 83:67-76.
3. Lertmalapong P, Jantararat J, Srisatjaluk RL, Komoltri C. Bacterial leakage and marginal adaptation of various bioceramics as apical plug in open apex model. *J Investig Clin Dent*. 2019 Feb; 10(1):e12371.
4. Mousavi SA, Khademi A, Soltani P, Shahnasari S, Poorghorban M. Comparison of sealing ability of ProRoot mineral trioxide aggregate, biodentine, and ortho mineral trioxide aggregate for canal obturation by the fluid infiltration technique. *Dent Res J (Isfahan)*. 2018 Sep-Oct; 15(5):307-312.
5. Shourgashti Z, Keshvari H, Torabzadeh H, Rostami M, Bonakdar S, Asgary S. Physical Properties, Cytocompatibility and Sealability of HealApex (a Novel Premixed Biosealer). *Iran Endod J*. 2018 Summer;13(3):299-304.
6. Li S, Zhang Q. [Effect of smear layer on apical sealing ability of mineral trioxide aggregate (MTA) Plus through the sucrose penetration mode]. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2018 Jun 18;50(3):560-563.
7. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2018 Jun 18;50(3):560-563. Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide. *Clin Oral Investig*. 2019 Jan;23(1):445-457.
8. Rashmi N, Shinde SV, Moiz AA, Vyas T, Shaik JA, Guramm G. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate, Resin-modified Glass Ionomer Cements, and Composite as a Coronal Barrier: An in vitro Microbiological Study. *J Contemp Dent Pract*. 2018 Mar 1; 19(3):292-295.
9. Remy V, Krishnan V, Job TV, Ravisankar MS, Raj CVR, John S. Assessment of Marginal Adaptation and Sealing Ability of Root Canal Sealers: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*. 2017 Dec 1;18(12):1130-1134.
10. Kollmuss M, Preis CE, Kist S, Hickel R, Huth KC. Differences in physical characteristics and sealing ability of three tricalcium silicate-based cements used as root-end-filling materials. *Am J Dent*. 2017 Aug; 30(4):185-189.
11. Eltair M, Pitchika V, Hickel R, Kühnisch J, Diegritz C. Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM). *Clin Oral Investig*. 2018 May; 22(4):1631-1639.
12. Teoh YY, Athanassiadis B, Walsh LJ. Sealing Ability of Alkaline Endodontic Cements versus Resin Cements. *Materials (Basel)*. 2017 Oct 25; 10(11).
13. Godiny M(1), Hatam R(1), Khavid A(2), Khanlari S(3). Apical Microleakage in Root Canals Containing Broken Rotary Instruments. *Iran Endod J*. 2017;12(3):360-365.
14. Küçükaya Eren S, Görduysus MÖ, Şahin C. Sealing ability and adaptation of root-end filling materials in cavities prepared with different techniques. *Microsc Res Tech*. 2017 Jul;80(7):756-762.

15. Eskandarinezhad M, Shahveghar-Asl N, Sharghi R, Shirazi S, Shakouie S, Milani AS, Balaei E. Sealing efficacy of mineral trioxide aggregate with and without nanosilver for root end filling: An in vitro bacterial leakage study. *J Clin Exp Dent*. 2017 Jan 1;9(1):e27-e33.
16. Abedi-Amin A(1), Luzi A, Giovarruscio M, Paolone G, Darvizeh A, Agulló VV, Sauro S. Innovative root-end filling materials based on calcium-silicates and calcium-phosphates. *J Mater Sci Mater Med*. 2017 Feb;28(2):31.
17. Rao DG, Trivedi MV, Havale R, Shrutha SP. New fluoride MI Varnish as root canal sealer: An in vitro analysis of bacterial leakage. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2016 Oct Dec;34(4):359-63.
18. Asawaworarit W, Yachor P, Kijssamanmith K, Vongsavan N. Comparison of the Apical Sealing Ability of Calcium Silicate-Based Sealer and Resin-Based Sealer Using the Fluid-Filtration Technique. *Med Princ Pract*. 2016;25(6):561-565.
19. Alsulaimani RS. Single-visit endodontic treatment of mature teeth with chronic apical abscesses using mineral trioxide aggregate cement: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health*. 2016 Aug 23;16(1):78.
20. Khademi AA, Shekarchizade N. Evaluation of coronal microleakage of mineral trioxide aggregate plug-in teeth with short roots prepared for post placement using bacterial penetration technique. *Indian J Dent Res*. 2016 May-Jun;27(3):295-9.
21. Suci I, Ionescu E, Dimitriu BA, Bartok RI, Moldoveanu GF, Gheorghiu IM, Suci I, Ciocîrdel M. An optical investigation of dentinal discoloration due to commonly endodontic sealers, using the transmitted light polarizing microscopy and spectrophotometry. *Rom J Morphol Embryol*. 2016; 57(1):153-9.
22. Medeiros PL, Bernardineli N, Cavenago BC, Torres SA, Duarte MA, Bramante CM, Marciano MA. Sealing ability of MTA, CPM, and MBPc as root-end filling materials: a bacterial leakage study. *J Appl Oral Sci*. 2016 Apr;24(2):148-52.
23. Alhashimi RA, Mannocci F, Sauro S. Experimental polyethylene-hydroxyapatite carrier-based endodontic system: an in vitro study on dynamic thermomechanical properties, sealing ability, and measurements of micro-computed tomography voids. *Eur J Oral Sci*. 2016 Jun; 124(3):279-86.
24. Vidal K, Martin G, Lozano O, Salas M, Trigueros J, Aguilar G. Apical Closure in Apexification: A Review and Case Report of Apexification Treatment of an Immature Permanent Tooth with Biodentine. *J Endod*. 2016 May; 42(5):730-4.
25. Celikten B, F Uzuntas C, I Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, O Demiralp K, Orhan K. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *J Oral Sci*. 2015; 57(4):361-6.
26. Agrafioti A, Tzimpoulas N, Chatzitheodoridis E, Kontakiotis EG. Comparative evaluation of sealing ability and microstructure of MTA and Biodentine after exposure to different environments. *Clin Oral Investig*. 2016 Sep; 20(7):1535-40.
27. El-Khodary HM, Farsi DJ, Farsi NM, Zidan AZ. Sealing Ability of Four Calcium Containing Cements used for Repairing Furcal Perforations in Primary Molars: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2015 Sep 1; 16(9):733-9.

28. Bani M, Sungurtekin-Ekçi E, Odabaş ME. Efficacy of Biodentine as an Apical Plug in Nonvital Permanent Teeth with Open Apices: An In Vitro Study. *Biomed Res Int.* 2015;2015:359275.
29. De Almeida J, Pimenta AL, Felipe WT. A laboratory assessment of bacterial leakage in MTA apical plugs exposed to phosphate-buffered saline. *Acta Odontol Latinoam.* 2015; 28(2):144-8.
30. Antunes HS, Gominho LF, Andrade-Junior CV, Dessaune-Neto N, Alves FR, Rôças IN, Siqueira JF Jr. Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. *Int Endod J.* 2016 Oct;49(10):960-5.
31. Viapiana R, Moizadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J.* 2016 Aug;49(8):774-82.
32. Lee KS, Kim JS, Lee DY, Kim RJ, Shin JH. In vitro microleakage of six different dental materials as intraorifice barriers in endodontically treated teeth. *Dent Mater J.* 2015; 34(4):425-31.
33. Kim SY, Kim KJ, Yi YA, Seo DG. Quantitative microleakage analysis of root canal filling materials in single-rooted canals. *Scanning.* 2015 Jul-Aug;37(4):237-45.
34. Butt N, Talwar S, Chaudhry S, Nawal RR, Yadav S, Bali A. Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian J Dent Res.* 2014 Nov-Dec; 25(6):692-7.
35. Chen I, Karabucak B, Wang C, Wang HG, Koyama E, Kohli MR, Nah HD, Kim S. Healing after root-end microsurgery by using mineral trioxide aggregate and a new calcium silicate-based bioceramic material as root-end filling materials in dogs. *J Endod.* 2015 Mar;41(3):389-99.
36. DeLong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *J Endod.* 2015 Mar;41(3):385-8.
37. Nazari Moghadam K, Aghili H, Rashed Mohassel A, Zahedpasha S, Moghadamnia AA. A comparative study on sealing ability of mineral trioxide aggregate, calcium enriched cement and bone cement in furcal perforations. *Minerva Stomatol.* 2014 Jun;63(6):203-10.
38. Kim SY, Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Hwang JY, Seo DG. Quantitative microleakage analysis of endodontic temporary filling materials using a glucose penetration model. *Acta Odontol Scand.* 2015 Feb;73(2):137-43.
39. Bidar M, Sadeghalhoseini N, Forghani M, Attaran N. Effect of the smear layer on apical seals produced by two calcium silicate-based endodontic sealers. *J Oral Sci.* 2014 Sep;56(3):215-9.
40. Amoroso-Silva PA, Marciano MA, Guimarães BM, Duarte MA, Sanson AF, Moraes IG. Apical adaptation, sealing ability and push-out bond strength of five root-end filling materials. *Braz Oral Res.* 2014;28.
41. Alhaddad Alhamoui F, Steffen H, Splieth CH. The sealing ability of ProRoot MTA when placed as an apical barrier using three different techniques: an in-vitro apexification model. *Quintessence Int.* 2014 Nov-Dec;45(10):821-7.

42. Samiei M, Aghazade M, Farhadi F, Shahveghar N, Torab A, Vahid Pakdel SM. Sealing Efficacy of Single-cone Obturation Technique with MTA and CEM Cement: An in Vitro Bacterial Leakage Study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014;8(2):77-83.
43. Onay EO, Gogos C, Ungor M, Economides N, Lyssaris V, Ogus E, Lambrianidis T. Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on apical sealing ability of calcium silicate containing endodontic materials in root-end cavities. *Dent Mater J*. 2014;33(4):570-5.
44. Mente J, Leo M, Panagidis D, Saure D, Pfefferle T. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations-long-term results. *J Endod*. 2014 Jun;40(6):790-6.
45. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J*. 2014 May;47(5):437-48.
46. Sreegowri, Shetty KH, Prathap MS, Prithviraj KJ. Sealing ability of white and gray mineral trioxide aggregate mixed with distilled water and 0.12% chlorhexidine gluconate as a root end filling material: an ex vivo evaluation. *J Dent Res*. 2013 May-Jun;24(3):395.
47. Moradi S, Disfani R, Ghazvini K, Lomee M. Sealing Ability of Orthograde MTA and CEM Cement in Apically Resected Roots Using Bacterial Leakage Method. *Iran Endod J*. 2013 Summer;8(3):109-13.
48. Bernabé PF, Gomes-Filho JE, Bernabé DG, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, Dezan E Jr, Cintra LT. Sealing ability of MTA used as a root end filling material: effect of the sonic and ultrasonic condensation. *Braz Dent J*. 2013;24(2):107-10.
49. Hirschberg CS, Patel NS, Patel LM, Kadouri DE, Hartwell GR. Comparison of sealing ability of MTA and EndoSequence Bioceramic Root Repair Material: a bacterial leakage study. *Quintessence Int*. 2013 May;44(5):e157-62.
50. Tapsir Z, Aly Ahmed HM, Luddin N, Husein A. Sealing ability of various restorative materials as coronal barriers between endodontic appointments. *J Contemp Dent Pract*. 2013 Jan 1;14(1):47-50.
51. Joseph R, Singh S. Evaluation of apical sealing ability of four different sealers using centrifuging dye penetration method: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2012 Nov 1;13(6):830-3.
52. Souza LV, Faria-e-Silva AL, Soares GP, Aguiar FH, Ribeiro MA. Evaluation of sealing ability of three materials used as barriers over the remaining filling material after post space preparation. *Acta Odontol Latinoam*. 2013;26(3):156-60.
53. Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta Odontol Scand*. 2013 May-Jul;71(3-4):857-62.



54. Arruda RA, Cunha RS, Miguita KB, Silveira CF, De Martin AS, Pinheiro SL, Rocha DG, Bueno CE. Sealing ability of mineral trioxide aggregate (MTA) combined with distilled water, chlorhexidine, and doxycycline. *J Oral Sci.* 2012 Sep;54(3):233-9.
55. Stefopoulos S, Tzanetakis GN, Kontakiotis EG. Non-surgical retreatment of a failed apicoectomy without retrofilling using white trioxide aggregate as an apical barrier. *Braz Dent J.* 2012;23(2):167-71.
56. Shahi S, Yavari HR, Rahimi S, Eskandarinezhad M, Shakouei S, Unchi M. Comparison of the sealing ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement used as root-end filling material. *J Oral Sci.* 2011 Dec;53(4):517-22.
57. Tanomaru-Filho M, Faleiros FB, Silva GF, Bosso R, Guerreiro-Tanomaru JM. Sealing ability of retrograde obturation materials containing calcium hydroxide or MTA. *Acta Odontol Latinoam.* 2011;24(1):110-4.
58. Saghiri MA, Asgar K, Lotfi M, Nazari A, Karamifar K, Neelakantan P, Gutmann JL. Effect of storage temperature on sealing ability and solubility of white mineral trioxide aggregate. *Acta Odontol Scand.* 2012 Dec;70(6):536-40.
59. Vasconcelos BC, Bernardes RA, Duarte MA, Bramante CM, Moraes IG. Apical sealing of root canal fillings performed with five different endodontic sealers: analysis by fluid filtration. *J Appl Oral Sci.* 2011;19(4):234-8.
60. Nair U, Ghattas S, Saber M, Natera M, Walker C, Pileggi R. A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Aug;112(2):74-7.
61. Jalalzadeh SM, Mamavi A, Khoshbin E, Karapanou V, Mohammadi Z. The effect of post space preparation in teeth obturated with Mineral Trioxide Aggregate evaluated using a fluid filtration system. *J Oral Sci.* 2010 Dec;52(4):567-70.
62. Post LK, Lima FG, Xavier CB, Demarco FF, Gerhardt-Oliveira M. Sealing ability of MTA and amalgam in different root-end preparations and resection bevel angles: an in vitro evaluation using marginal dye leakage. *Braz Dent J.* 2010;21(5):416-9.
63. Han L, Okiji T, Okawa S. Morphological and chemical analysis of different precipitates on mineral trioxide aggregate immersed in different fluids. *Dent Mater J.* 2010 Oct;29(5):512-7.
64. Imamura Y, Tanaka Y, Nagai A, Yamashita K, Takagi Y. Self-sealing ability of OCP-mediated cement as a deciduous root canal filling material. *Dent Mater J.* 2010 Oct;29(5):582-8.
65. Bailón-Sánchez ME, González-Castillo S, González-Rodríguez MP, Poyatos-Martínez R, Ferrer-Luque CM. Intraorifice sealing ability of different materials in endodontically treated teeth. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011 Jan 1;16(1):e105-9.
66. Mohn D, Bruhin C, Luechinger NA, Stark WJ, Imfeld T, Zehnder M. Composites made of flame-sprayed bioactive glass 45S5 and polymers: bioactivity and immediate sealing properties. *Int Endod J.* 2010 Nov;43(11):1037-46.

67. Gandolfi MG, Prati C. MTA and F-doped MTA cements used as sealers with warm gutta-percha. Long-term study of sealing ability. *Int Endod J.* 2010 Oct;43(10):889-901.
68. Orosco FA, Bramante CM, Garcia RB, Bernardineli N, de Moraes IG. Sealing ability, marginal adaptation and their correlation using three root-end filling materials as apical plugs. *J Appl Oral Sci.* 2010 Mar-Apr;18(2):127-34.
69. Koçak MM, Koçak S, Aktuna S, Görücü J, Yaman SD. Sealing ability of retrofilling materials following various root-end cavity preparation techniques. *Lasers Med Sci.* 2011 Jul;26(4):427-31.
70. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Irvani A, Kharrazifard MJ, Dummer PM. Effect of acidic environment on the push-out bond strength of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2010 May;36(5):871-4.
71. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod.* 2010 Mar;36(3):400-13.
72. Yildirim T, Er K, Taşdemir T, Tahan E, Buruk K, Serper A. Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 Jan;109(1):e67-72.
73. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.* 2010 Feb;36(2):190-202.
74. Shahi S, Rahimi S, Hasan M, Shiezadeh V, Abdolrahimi M. Sealing ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement for furcal perforation repair: a protein leakage study. *J Oral Sci.* 2009 Dec;51(4):601-6.
75. Grecca FS, Rosa AR, Gomes MS, Parolo CF, Bemfica JR, Frasca LC, Maltz M. Effect of timing and method of post space preparation on sealing ability of remaining root filling material: in vitro microbiological study. *J Can Dent Assoc.* 2009 Oct;75(8):583.
76. Lolayekar N, Bhat SS, Hegde S. Sealing ability of ProRoot MTA and MTA-Angelus simulating a one-step apical barrier technique--an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent.* 2009;33(4):305-10.
77. Hsieh SC, Teng NC, Lin YC, Lee PY, Ji DY, Chen CC, Ke ES, Lee SY, Yang JC. A novel accelerator for improving the handling properties of dental filling materials. *J Endod.* 2009 Sep;35(9):1292-5.
78. Ciftçi A, Vardarli DA, Sönmez IS. Coronal microleakage of four endodontic temporary restorative materials: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Oct;108(4):e67-70.
79. Yildirim T, Taşdemir T, Orucoglu H. The evaluation of the influence of using MTA in teeth with post indication on the apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(3):471-4.

80. Pieper CM, Zanchi CH, Rodrigues-Junior SA, Moraes RR, Pontes LS, Bueno M. Sealing ability, water sorption, solubility and tooth brushing abrasion resistance of temporary filling materials. *Int Endod J.* 2009;42(10):893-9.
81. De Martins GR, Carvalho CA, Valera MC, de Oliveira LD, Buso L, Carvalho AS. Sealing ability of castor oil polymer as a root-end filling material. *J Appl Oral Sci.* 2009 May-Jun;17(3):220-3.
82. Kim US, Shin SJ, Chang SW, Yoo HM, Oh TS, Park DS. In vitro evaluation of bacterial leakage resistance of an ultrasonically placed mineral trioxide aggregate orthograde apical plug in teeth with wide open apices: a preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Apr;107(4):e52-6.
83. Uyanik MO, Nagas E, Sahin C, Dagli F, Cehreli ZC. Effects of different irrigation regimens on the sealing properties of repaired furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(3):91-5.
84. Asgary S, Kamrani FA. Antibacterial effects of five different root canal sealing materials. *J Oral Sci.* 2008 Dec;50(4):469-74.
85. Orosco FA, Bramante CM, Garcia RB, Bernadineli N, Moraes IG. Sealing ability of grar MTA Angelus<sup>TM</sup>, CPM <sup>TM</sup> and MBPc used as apical plugs. *J Appl Oral Sci.* 2008 Jan-Feb;16(1):50-4.
86. Madarati A, Rekab MS, Watts DC, Qualtrough A. Time-dependence of coronal seal of temporary materials used in endodontics. *Aust Endod J.* 2008 Dec;34(3):89-93.
87. Yildirim T, Oruçoğlu H, Cobankara FK. Long-term evaluation of the influence of smear layer on the apical sealing ability of MTA. *J Endod.* 2008 Dec;34(12):1537-40.
88. Ogura Y, Katsuumi I. Setting properties and sealing ability of hydraulic temporary sealing materials. *Dent Mater J.* 2008 Sep;27(5):730-5.
89. De-Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel R. Similar expression of through-and-through fluid movement along orthograde apical plugs of MTA Bio and white Portland cement. *Int Endod J.* 2008 Dec;41(12):1047-53.
90. Saghiri MA, Lotfi M, Saghiri AM, Vosoughhosseini S, Fatemi A, Shiezadeh V, Ranjkesh B. Effect of pH on sealing ability of white mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 2008 Oct;34(10):1226-9.
91. Shemesh H, Souza EM, Wu MK, Wesselink PR. Glucose reactivity with filling materials as a limitation for using the glucose leakage model. *Int Endod J.* 2008 Oct;41(10):869-72.
92. Costa AT, Post LK, Xavier CB, Weber JB, Gerhardt-Oliveira M. Marginal adaptation and microleakage of five root-end filling materials: an in vitro study. *Minerva Stomatol.* 2008 Jun;57(6):295-300.
93. Witherspoon DE. Vital pulp therapy with new materials: new directions and treatment perspectives--permanent teeth. *Pediatr Dent.* 2008 May-Jun;30(3):220-4.
94. Erdem AP, Sepet E. Mineral trioxide aggregate for obturation of maxillary central incisors with necrotic pulp and open apices. *Dent Traumatol.* 2008 Oct; 24(5):e38-41.

95. Zou L, Liu J, Yin S, Li W, Xie J. In vitro evaluation of the sealing ability of MTA used for the repair of furcation perforations with and without the use of an internal matrix. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Jun;105(6):e61-5.
96. Stefopoulos S, Tsatsas DV, Kerezoudis NP, Eliades G. Comparative in vitro study of the sealing efficiency of white vs grey ProRoot mineral trioxide aggregate formulas as apical barriers. *Dent Traumatol.* 2008 Apr;24(2):207-13.
97. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M. Sealing ability of a novel endodontic cement as a root-end filling material. *J Biomed Mater Res A.* 2008 Dec 1;87(3):706-9.
98. Storm B, Eichmiller FC, Tordik PA, Goodell GG. Setting expansion of gray and white mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod.* 2008 Jan;34(1):80-2.
99. Shahi S, Rahimi S, Yavari HR, Shakouie S, Nezafati S, Abdollahimi M. Sealing ability of white and gray mineral trioxide aggregate mixed with distilled water and 0.12% chlorhexidine gluconate when used as root-end filling materials. *J Endod.* 2007 Dec;33(12):1429-32.
100. Chen ZL, Wei W, Feng ZD, Liu XQ, Chen XL, Huang WX. The development and in vitro experiment study of a bio-type root canal filling sealer using calcium phosphate cement. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2007 Oct;16(5):530-3.
101. De-Deus G, Reis C, Brandão C, Fidel S, Fidel RA. The ability of Portland cement, MTA, and MTA Bio to prevent through-and-through fluid movement in repaired furcal perforations. *J Endod.* 2007 Nov;33(11):1374-7.
102. Pelliccioni GA, Vellani CP, Gatto MR, Gandolfi MG, Marchetti C, Prati C. Proroot mineral trioxide aggregate cement used as a retrograde filling without addition of water: an in vitro evaluation of its microleakage. *J Endod.* 2007 Sep;33(9):1082-5.
103. Wiltbank KB, Schwartz SA, Schindler WG. Effect of selected accelerants on the physical properties of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod.* 2007 Oct;33(10):1235-8.
104. Yang SE, Baek SH, Lee W, Kum KY, Bae KS. In vitro evaluation of the sealing ability of newly developed calcium phosphate-based root canal sealer. *J Endod.* 2007 Aug;33(8):978-81.
105. Chogle S, Mickel AK, Chan DM, Huffaker K, Jones JJ. Intracanal assessment of mineral trioxide aggregate setting and sealing properties. *Gen Dent.* 2007 Jul-Aug;55(4):306-11.
106. Gandolfi MG, Sauro S, Mannocci F, Watson TF, Zanna S, Capoferri M, Prati C, Mongiorgi R. New tetrasilicate cements as retrograde filling material: an in vitro study on fluid penetration. *J Endod.* 2007 Jun;33(6):742-5.
107. Inan U, Aydemir H, Taşdemir T. Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods. *Aust Endod J.* 2007 Apr;33(1):18-22.
108. Vajrabhaya LO, Korsuwannawong S, Jantararat J, Korre S. Biocompatibility of furcal perforation repair material using cell culture technique: Ketac Molar versus

- ProRoot MTA. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Dec;102(6):e48-50.
109. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Garcia RB, de Moraes IG, Bernardineli N. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. *J Endod.* 2006 Sep;32(9):897-900.
  110. De Bruyne MA, De Bruyne RJ, De Moor RJ. Long-term assessment of the seal provided by root-end filling materials in large cavities through capillary flow porometry. *Int Endod J.* 2006 Jun;39(6):493-501.
  111. Jenkins S, Kulild J, Williams K, Lyons W, Lee C. Sealing ability of three materials in the orifice of root canal systems obturated with gutta-percha. *J Endod.* 2006 Mar;32(3):225-7.
  112. De Bruyne MA, De Bruyne RJ, De Moor RJ. Capillary flow porometry to assess the seal provided by root-end filling materials in a standardized and reproducible way. *J Endod.* 2006 Mar;32(3):206-9.
  113. Ma SF, Chen J, Zhu YQ. In vitro evaluation of the sealing ability of an iodoform-calcium phosphate cements root canal filler. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2005 Dec;14(6):621-3.
  114. Tanomaru Filho M, Figueiredo FA, Tanomaru JM. Effect of different dye solutions on the evaluation of the sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate. *Braz Oral Res.* 2005 Apr-Jun; 19(2):119-22.
  115. Islam I, Chng HK, Yap AU. Comparison of the root-end sealing ability of MTA and Portland cement. *Aust Endod J.* 2005 Aug;31(2):59-62.
  116. Chng HK, Islam I, Yap AU, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 2005 Sep;31(9):665-8.
  117. Pereira CL, Cenci MS, Demarco FF. Sealing ability of MTA, Super EBA, Vitremer and amalgam as root-end filling materials. *Braz Oral Res.* 2004 Oct-Dec;18(4):317-21.
  118. Tsatsas DV, Meliou HA, Kerezoudis NP. Sealing effectiveness of materials used in furcation perforation in vitro. *Int Dent J.* 2005 Jun;55(3):133-41.
  119. Xavier CB, Weismann R, de Oliveira MG, Demarco FF, Pozza DH. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *J Endod.* 2005 Jul;31(7):539-42.
  120. Schultz CB, Westhauser P, Nideröst B, Klaus WG. Retrograde obturation with MTA Cement and Super-EBA after apicoectomy. Sealing ability of MTA and Super-EBA in dye penetration tests. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2005;115(5):442-54.
  121. Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *J Endod.* 2005 Jun;31(6):453-6.
  122. Gondim E Jr, Kim S, de Souza-Filho FJ. An investigation of microleakage from root-end fillings in ultrasonic retrograde cavities with or without finishing: a quantitative analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005 Jun;99(6):755-60.

123. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2005 Feb;31(2):97-100.
124. De Bruyne MA, De Bruyne RJ, Rosiers L, De Moor RJ. Longitudinal study on microleakage of three root-end filling materials by the fluid transport method and by capillary flow porometry. *Int Endod J.* 2005 Feb;38(2):129-36.
125. Matt GD, Thorpe JR, Strother JM, McClanahan SB. Comparative study of white and gray mineral trioxide aggregate (MTA) simulating a one- or two-step apical barrier technique. *J Endod.* 2004 Dec;30(12):876-9.
126. Shindo K, Kakuma Y, Ishikawa H, Kobayashi C, Suda H. The influence of orifice sealing with various filling materials on coronal leakage. *Dent Mater J.* 2004 Sep; 23(3):419-23.
127. Usumez A, Cobankara FK, Ozturk N, Eskitascioglu G, Belli S. Microleakage of endodontically treated teeth with different dowel systems. *J Prosthet Dent.* 2004 Aug; 92(2):163-9.
128. Krupalini KS, Udayakumar, Jayalakshmi KB. A comparative evaluation of medicated calcium sulphate, hydroxylapatite, mineral trioxide aggregate (MTA) as barrier and their effect on the sealing ability of furcation perforation repair material-an in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2003 Jul-Sep; 14(3):156-61.
129. Göhring KS, Lehnert B, Zehnder M. Uses of MTA, a review. Part 2: Clinical applications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2004; 114(3):222-34.
130. Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endod.* 2004 Feb; 30(2):103-6.
131. Valois CR, Costa ED Jr. Influence of the thickness of mineral trioxide aggregate on sealing ability of root-end fillings in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Jan; 97(1):108-11.
132. Lamb EL, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH. Effect of root resection on the apical sealing ability of mineral trioxide aggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 Jun;95(6):732-5.
133. Mangin C, Yesilsoy C, Nissan R, Stevens R. The comparative sealing ability of hydroxyapatite cement, mineral trioxide aggregate, and super ethoxybenzoic acid as root-end filling materials. *J Endod.* 2003 Apr;29(4):261-4.
134. Andelin WE, Browning DF, Hsu GH, Roland DD, Torabinejad M. Microleakage of resected MTA. *J Endod.* 2002 Aug;28(8):573-4.
135. el-Briak H, Durand D, Nuri J, Munier S, Pauvert B, Boudeville P. Study of a hydraulic dicalcium phosphate dihydrate/calcium oxide-based cement for dental applications. *J Biomed Mater Res.* 2002;63(4):447-53.
136. Miletić I, Ribarić SP, Karlović Z, Jukić S, Bosnjak A, Anić I. Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. *J Endod.* 2002 Jun;28(6):431-2.
137. Hachmeister DR, Schindler WG, Walker WA 3rd, Thomas DD. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endod.* 2002 May;28(5):386-90.

138. Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod.* 2002 Jan;28(1):5-7.
139. Schmitt D, Lee J, Bogen G. Multifaceted use of ProRoot MTA root canal repair material. *Pediatr Dent.* 2001 Jul-Aug;23(4):326-30.
140. Roy CO, Jeansonne BG, Gerrets TF. Effect of an acid environment on leakage of root-end filling materials. *J Endod.* 2001 Jan;27(1):7-8.
141. Scheerer SQ, Steiman HR, Cohen J. A comparative evaluation of three root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Prevotella nigrescens*. *J Endod.* 2001 Jan;27(1):40-2.
142. Metzger Z, Schaham G, Abramovitz I, Dotan M, Ben-Amar A. Improving the seal of amalgam cores with cemented dowels: a comparative in vitro radioactive tracer study. *J Endod.* 2001 Apr;27(4):288-91.
143. De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J.* 2000 Jan;33(1):25-7.
144. Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod.* 2000 Apr;26(4):230-5.
145. Aqrabawi J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J.* 2000 Mar 11;188(5):266-8.
146. Gulati MS, Grewal N, Saini A. Comparison of sealing efficacy of materials placed in lateral root perforations--an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 1998 Dec;16(4):115-9.
147. Miletić I, Anić I, Pezelj-Ribarić S, Jukić S. Leakage of five root canal sealers. *Int Endod J.* 1999 Sep;32(5):415-8.
148. Yoshikawa M, Terada Y, Toda T. Setting time and sealing ability of alpha-tricalcium phosphate cement containing titanic oxide. *J Osaka Dent Univ.* 1998 Oct;32(2):67-70.
149. Yoshikawa M, Noguchi K, Toda T. Effect of particle sizes in India ink on its use in evaluation of apical seal. *J Osaka Dent Univ.* 1997 Dec; 31(1-2):67-70.
150. Barkhordar RA, Kempler D, Watanabe LG. The effect of endodontic medicaments on the sealing ability of provisional restorative materials. *Quintessence Int.* 1997 Jun; 28(6):393-6.
151. Lloyd A, Gutmann J, Dummer P, Newcombe R. Microleakage of Diaket and amalgam in root-end cavities prepared using MicroMega sonic retro-prep tips. *Int Endod J.* 1997 May;30(3):196-204.
152. Yoshikawa M, Inamoto T, Hakata T, Toda T. Apical canal sealing ability of calcium phosphate based cements. *J Osaka Dent Univ.* 1996 Dec;30(1-2):1-6.
153. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 1996 Nov;22(11):575-8.
154. Gerhards F, Wagner W. Sealing ability of five different retrograde filling materials. *J Endod.* 1996 Sep;22(9):463-6.
155. Jacquot BM, Panighi MM, Steinmetz P, G'Sell C. Microleakage of Cavit, CavitW, CavitG and IRM by impedance spectroscopy. *Int Endod J.* 1996 Jul;29(4):256-61.

156. Jacquot BM, Panighi MM, Steinmetz P, G'Sell C. Microleakage of Cavit, CavitW, CavitG and IRM by impedance spectroscopy. *J Endod.* 1996 Apr;22(4):165-7.
157. Chong BS, Pitt Ford TR, Watson TF, Wilson RF. Sealing ability of potential retrograde root filling materials. *Endod Dent Traumatol.* 1995 Dec;11(6):264-9.
158. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kaiyawasam SP. Tissue reaction to implanted super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J Endod.* 1995 Nov;21(11):569-71.
159. Siqueira JF Jr, Fraga RC, Garcia PF. Evaluation of sealing ability, pH and flow rate of three calcium hydroxide-based sealers. *Endod Dent Traumatol.* 1995 Oct;11(5):225-8.
160. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod.* 1995 Aug;21(8):403-6.
161. Horning TG, Kessler JR. A comparison of three different root canal sealers when used to obturate a moisture-contaminated root canal system. *J Endod.* 1995 Jul;21(7):354-7.
162. Kazemi RB, Safavi KE, Spångberg LS. Assessment of marginal stability and permeability of an interim restorative endodontic material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994 Dec;78(6):788-96.
163. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* 1993 Dec;19(12):591-5.
164. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Endod.* 1993 Nov;19(11):541-4.
165. Capurro MA, Herrera CL, Macchi RL. Influence of endodontic materials on the bonding of glass ionomer cement to dentin. *Endod Dent Traumatol.* 1993 Apr;9(2):75-6.
166. Alhadainy HA, Himel VT. Evaluation of the sealing ability of amalgam, Cavit, and glass ionomer cement in the repair of furcation perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1993;75(3):362-6.
167. Deveaux E, Hildebert P, Neut C, Boniface B, Romond C. Bacterial microleakage of Cavit, IRM, and TERM. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1992 Nov;74(5):634-43.
168. Canalda-Sahli C, Brau-Aguade E, Sentis-Vilalta J, Aguade-Bruix S. The apical seal of root canal sealing cements using a radionuclide detection technique. *Int Endod J.* 1992;25(5):250-6.
169. McInerney ST, Zillich R. Evaluation of internal sealing ability of three materials. *J Endod.* 1992 Aug;18(8):376-8.
170. Hansen-Bayless J, Davis R. Sealing ability of two intermediate restorative materials in bleached teeth. *Am J Dent.* 1992 Jun;5(3):151-4.
171. White JM, Goodis H. In vitro evaluation of an hydroxyapatite root canal system filling material. *J Endod.* 1991 Nov;17(11):561-6.
172. Sugawara A, Chow LC, Takagi S, Chohayeb H. In vitro evaluation of the sealing ability of a calcium phosphate cement when used as a root canal sealer-filler. *J Endod.* 1990 Apr;16(4):162-5.



173. Barkhordar RA, Stark MM. Sealing ability of intermediate restorations and cavity design used in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990 Jan;69(1):99-101.
174. Negm MM. The effect of human blood on the sealing ability of root canal sealers: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989 Apr;67(4):449-52.
175. Teplitsky PE, Meimaris IT. Sealing ability of Cavit and TERM as intermediate restorative materials. *J Endod.* 1988 Jun;14(6):278-82.
176. Beltes P, Zervas P, Lambrianidis T, Molyvdas I. In vitro study of the sealing ability of four retrograde filling materials. *Endod Dent Traumatol.* 1988 Apr;4(2):82-4.
177. Etikan I, Kuraner T, Ozçelik B. The examination of sealing ability of temporary filling materials. *Dent.* 1987 Apr;2(3):108-13.
178. Margellos J, Eliades G. Apical plugging of the root canal with dentin chips. An in vitro study of the sealing ability of the dentinal plug. *Odontostomatol Proodos.* 1983 Sep-Oct;37(5):289-94.
179. Milani A, Firuzi S, Barhaghi M, Shahi S, Abdollahi A. Evaluation of sealing ability of mineral trioxide aggregate mixed with propylene glycol as a root canal sealer: A in vitro study. *Dent Res J (Isfahan).* 2019 Jul-Aug;16(4):216-220.
180. Baras B.H, Wang S, Melo M.A.S., Tay F, Fouad A.F, Arola D.D., Weir M.D., Xu H.H.K. Novel bioactive root canal sealer with antibiofilm and remineralization properties. *J Dent.* 2019 Apr;83:67-76.
181. Shamsy E., Nassani M.Z., Habib A.A., Doumani M. Evaluation of the Apical Seal of Mineral Trioxide Aggregate in the Absence and Presence of Smear Layer. *J Contemp Dent Pract.* 2019 Mar;20(3):298-303.
182. Qaiser S, Devadiga D, Hegde M.N, Shetty N. Bioceramics as sealers in endodontics. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2019;2 :363-368.
183. Lertmalapong P, Jantarat J, Srisatjaluk R.L., Komoltri C. Bacterial leakage and marginal adaptation of various bioceramics as apical plug in open apex model. *J Investig Clin Dent.* 2019 Feb;10(1):e12371.
184. Zamparini F, Siboni F, Prati C, Taddei P, Gandolfi M.G. Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide. *Clin Oral Investig.* 2019 Jan;23(1):445-457.
185. Francis T, Joshi S.B, Nandapai A.R.V., Sakkir N, Thaha K.A. Comparison of the sealing ability of MTA-angelus, biodentine and CEM cement in the repair of large furcal perforations-A bacterial leakage study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2019;13:1.
186. Nabeel M, Tawfik H.M., Abu-Seida A.M.A., Elgendy A.A. Sealing ability of Biodentine versus ProRoot mineral trioxide aggregate as root-end filling materials. *Saudi Dent J.* 2019 Jan;31(1):16-22.
187. Eltair M, Pitchika V, Hickel R, Kühnisch J, Diegritz C. Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM). *Clin Oral Investig.* 2018 May;22(4):1631-1639.
188. Rashmi N, Shinde S.V., Moiz A.A., Vyas T, Shaik J.A., Guramm G. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate, Resin-modified Glass Ionomer Cements, and

- Composite as a Coronal Barrier: An in vitro Microbiological Study. *J Contemp Dent Pract.* 2018 Mar 1;19(3):292-295.
189. Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan A.I., Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *J Appl Oral Sci.* 2018 Jan 15;26:e20160584.
  190. Vajja S, Naik B.D., Vummidisetti S.V., Yarlagadda V. Influence of different thickness of mineral trioxide aggregate, resin modified glass ionomer cement and intermediate restorative material on sealing ability of root end fillings: An in vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2018; 12:10-13.
  191. Remy V, Krishnan V, Job T.V., Ravisankar M.S., Raj C.V.R., John S. Assessment of Marginal Adaptation and Sealing Ability of Root Canal Sealers: An in vitro Study. *The journal of contemporary dental practice.* 2017; 18 (12):1130-1134.
  192. Vasantharajan M.S., Gurunathan D. Sealing ability of biodentine and pro root-MTA in perforation repair of permanent mandibular molars - A dye extraction study. *Biomedicine.* 2017; 37(4): 556-561.
  193. Kollmuss M, Preis C.E., Kist S, Hickel R, Huth K.C. Differences in physical characteristics and sealing ability of three tricalcium silicate-based cements used as root-end-filling materials. *American journal of dentistry* 2017; 30(4):185-189.
  194. Küçükkaya Eren S, Görduysus M.Ö., Şahin C. Sealing ability and adaptation of root-end filling materials in cavities prepared with different techniques. *Microscopy research and technique.* 2017;80(7):756-762.
  195. Ballullaya S.V., Vinay V., Thumu J., Devalla S., Priyadarshini B.I., Balla S. Stereomicroscopic dye leakage measurement of six different root canal sealers. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2017;11(6):65-68.
  196. Abedi-Amin A., Luzzi A., Giovarruscio M., Paolone G., Darvizeh A., Agulló V.V., Sauro S. Innovative root-end filling materials based on calcium-silicates and calcium-phosphates. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine.* 2017; 28 (2): 31.
  197. Lan Y.-Y., Huang H.-X., Fan L.-Y., Pu L, Liu M, Sun L.-B. Influence of immediate or delayed post space preparation on the apical sealing ability of different root canal sealers. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research.* 2017; 21(10):1483-1488.
  198. Hrab D, Chisnoiu R, PĂstrav O, Chisnoiu A, Pastrav M, Moldovan M, Delean A. Analysis of the sealer-root dentin interface using scanning electron microscopy. *Clujul Medical.* 2017; 90 (6):166.
  199. Asawaworarit W, Yachor P, Kijssamanmith K, Vongsavan N. Comparison of the Apical Sealing Ability of Calcium Silicate-Based Sealer and Resin-Based Sealer Using the Fluid-Filtration Technique. *Medical Principles and Practice.* 2016;25(6): 561-565.
  200. Rao D.G., Trivedi M.V., Havale R, Shrutha S.P. New fluoride MI Varnish as root canal sealer: An in vitro analysis of bacterial leakage. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry.* 2016; 34(4): 359-363.
  201. Agrafioti A, Tzimpoulas N, Chatzitheodoridis E, Kontakiotis E.G. Comparative evaluation of sealing ability and microstructure of MTA and Biodentine after

- exposure to different environments. *Clinical oral investigations*. 2016; 20(7):1535-1540.
202. Alsulaimani R.S. Single-visit endodontic treatment of mature teeth with chronic apical abscesses using mineral trioxide aggregate cement: a randomized clinical trial. *BMC oral health*. 2016; 16(1):78.
  203. Ahuja L, Jasuja P, Verma K.G, Juneja S, Mathur A, Walia R, Kakkar A, Singla M. A comparative evaluation of sealing ability of new MTA based sealers with conventional resin based sealer: An in-vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016; 10(7):76-79.
  204. Alhashimi R.A., Mannocci F, Sauro S. Experimental polyethylene-hydroxyapatite carrier-based endodontic system: an in vitro study on dynamic thermomechanical properties, sealing ability, and measurements of micro-computed tomography voids. *European journal of oral sciences*. 2016;124(3):279-286.
  205. Khademi A.A., Shekarchizade N. Evaluation of coronal microleakage of mineral trioxide aggregate plug-in teeth with short roots prepared for post placement using bacterial penetration technique. *Indian journal of dental research: official publication of Indian Society for Dental Research*. 2016; 27(3):295-299.
  206. Vidal K, Martin G, Lozano O, Salas M, Trigueros J, Aguilar G. Apical Closure in Apexification: A Review and Case Report of Apexification Treatment of an Immature Permanent Tooth with Biodentine. *Journal of endodontics*. 2016;42(5): 730-734.
  207. Medeiros P.L., Bernardineli N, Cavenago B.C., Torres S.A., Duarte M.A., Bramante C.M., Marciano M.A. Sealing ability of MTA, CPM, and MBPc as root-end filling materials: a bacterial leakage study. *Journal of applied oral science*. 2016; 24(2):148-152.
  208. Jain A., Ponnappa K.C., Yadav P, Rao Y, Relhan N, Gupta P, Choubey A, Bhardwaj S. Comparison of the root end sealing ability of four different retrograde filling materials in teeth with root apices resected at different angles - an invitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*.2016; 10(1):14-17.
  209. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater*. 2016; 2016:9753210.
  210. Suciu I, Ionescu E, Dimitriu B.A., Bartok R.I., Moldoveanu G.F., Gheorghiu I.M., Suciu I, Ciocîrdel M. An optical investigation of dentinal discoloration due to commonly endodontic sealers, using the transmitted light polarizing microscopy and spectrophotometry. *Romanian journal of morphology and embryology = Revue roumaine de morphologie et embryologie* 2016;57(1):153-159.
  211. El-Khodary H.M., Farsi D.J., Farsi N.M., Zidan A.Z. Sealing Ability of Four Calcium Containing Cements used for Repairing Furcal Perforations in Primary Molars: An in vitro study. *The journal of contemporary dental practice* 2015;16(9): 733-739.
  212. Chen I, Karabucak B, Wang C, Wang H.-G., Koyama E., Kohli M.R, Nah H.-D., Kim S. Healing after root-end microsurgery by using mineral trioxide aggregate and

- a new calcium silicate-based bioceramic material as root-end filling materials in dogs. *Journal of endodontics*. 2015; 41(3): 389-399.
213. DeLong C., He J., Woodmansey K.F. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *Journal of endodontics*. 2015; 41(3):385-388.
  214. Kim S.-Y., Ahn J.-S., Yi Y.-A., Lee Y., Hwang J.-Y., Seo D.-G. Quantitative microleakage analysis of endodontic temporary filling materials using a glucose penetration model. *Acta odontologica Scandinavica*. 2015;73(2):137-143.
  215. Bani M, Sungurtekin-Ekçi E, Odabaş ME. Efficacy of Biodentine as an Apical Plug in Nonvital Permanent Teeth with Open Apices: An In Vitro Study. *Biomed Res Int*. 2015;2015:359275.
  216. Jain P., Ranjan M. The rise of bioceramics in endodontics: A review. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2015; 6(1):416-422.
  217. De Almeida J., Pimenta A.L., Felipe W.T. A laboratory assessment of bacterial leakage in MTA apical plugs exposed to phosphate-buffered saline. *Acta odontológica latinoamericana*. 2015; 28(2):144-148.
  218. Kim S.-Y., Kim K.-J., Yi Y.-A., Seo D.-G. Quantitative microleakage analysis of root canal filling materials in single-rooted canals. *Scanning*. 2015; 37(4):237-245.
  219. Celikten B, F Uzuntas C, I Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, O Demiralp K., Orhan K. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of oral science* 2015;57(4):361-366.
  220. Lee K.S., Kim J.S., Lee D.Y., Kim R.J., Shin J.H. In vitro microleakage of six different dental materials as intraorifice barriers in endodontically treated teeth. *Dental materials journal* 2015; 34(4): 425-431.
  221. Butt N, Talwar S, Chaudhry S, Nawal R.R., Yadav S, Bali A. Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian journal of dental research*. 2014; 25(6):692-697.
  222. Alhaddad Alhamoui F, Steffen H, Splieth C.H. The sealing ability of ProRoot MTA when placed as an apical barrier using three different techniques: an in-vitro apexification model. *Quintessence international*. 2014; 45(10):821-827.
  223. Bidar M, Sadeghhalhoseini N, Forghani M, Attaran N. Effect of the smear layer on apical seals produced by two calcium silicate-based endodontic sealers. *Journal of oral science*. 2014;56(3) 215-219.
  224. Mente J, Leo M., Panagidis D, Saure D, Pfefferle T. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations-long-term results. *Journal of endodontics*. 2014;40(6):790-796.
  225. Viapiana R, Flumignan D.L., Guerreiro-Tanomaru J.M., Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *International endodontic journal*. 2014;47(5):437-448.
  226. Mestres G, Aguilera F.S., Manzanares N, Sauro S, Osorio R., Toledano M., Ginebra M.P. Magnesium phosphate cements for endodontic applications with

- improved long-term sealing ability. *International endodontic journal*. 2014;47(2):127-139.
227. Amoroso-Silva P.A., Marciano M.A., Guimarães B.M., Duarte M.A., Sanson A.F., Moraes I.G. Apical adaptation, sealing ability and push-out bond strength of five root-end filling materials. *Brazilian oral research*. 2014;28:1.
  228. Moghadam K.N., Aghili H., Mohassel A.R., Zahedpasha S., Moghadamnia A.A. A comparative study on sealing ability of mineral trioxide aggregate, calcium enriched cement and bone cement in forcai perforations. *Minerva Stomatologica* 2014; 63(6):203-210.
  229. Onay E.O., Gogos C., Ungor M., Economides N., Lyssaris V., Ogun E., Lambrianidis T. Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on apical sealing ability of calcium silicate-containing endodontic materials in root-end cavities. *Dental materials journal*. 2014; 33(4):570-575.
  230. Mohammad S., Irfana B.K., Mudassar B., Wasseem B.K. Proroot MTA singlesitting apexification treatment of teeth with immature open apex & faulty RCT. *JK Practitioner*. 2014;19(3-4):90-92.
  231. Hirschberg C.S., Patel N.S., Patel L.M., Kadouri D.E., Hartwell G.R. Comparison of sealing ability of MTA and EndoSequence Bioceramic Root Repair Material: a bacterial leakage study. *Quintessence international*. 2013;44(5):157-162.
  232. Shetty K.H., Prathap M.S. Sealing ability of white and gray mineral trioxide aggregate mixed with distilled water and 0.12% chlorhexidine gluconate as a root end filling material: an ex vivo evaluation. *Indian journal of dental research*. 2013; 24(3):395.
  233. Ersahan S., Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta odontológica Scandinavica* 2013; 71(3-4):857-862.
  234. Mazumdar P., Das U.K., Rahaman Sk.M., Das S. A comparative evaluation of the sealing ability of Biosilicate material, Mineral Trioxide Aggregate, Light Cure Glass Ionomer Cement, Silver Amalgam as root end filling materials by dye penetration method. *International Medical Journal*. 2013; 20(2):232-234.
  235. Özok A.R., Verhaagen B, Wesselink P.R. Improving the accuracy of a fluid transport method. *International Endodontic Journal*. 2013; 46(4):348-354.
  236. Bernabé P.F., Gomes-Filho J.E., Bernabé D.G., Nery M.J., Otoboni-Filho J.A., Dezan E., Cintra L.T. Sealing ability of MTA used as a root end filling material: effect of the sonic and ultrasonic condensation. *Brazilian dental journal*. 2013; 24(2):107-110.
  237. Souza L.V., Faria-e-Silva A.L., Soares G.P., Aguiar F.H., Ribeiro M.A. Evaluation of sealing ability of three materials used as barriers over the remaining filling material after post space preparation. *Acta odontológica latinoamericana* 2013; 26(3):156-160.
  238. Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate

- resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta odontologica Scandinavica* 2013;71(3-4):857-862.
239. Tapsir Dentist Z, Ahmed H.M.A., Luddin N, Adam H. Sealing ability of various restorative materials as coronal barriers between endodontic appointments. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2013;14(1):47-50.
  240. Saghiri M.A, Asgar K, Lotfi M, Nazari A, Karamifar K, Neelakantan P, Gutmann J.L. Effect of storage temperature on sealing ability and solubility of white mineral trioxide aggregate. *Acta odontologica Scandinavica*. 2012; 70(6):536-540.
  241. Joseph R., Singh S. Evaluation of apical sealing ability of four different sealers using centrifuging dye penetration method: An in vitro study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2012; 13(6):830-833.
  242. Arruda R.A., Cunha R.S., Miguita K.B., Silveira C.F., De Martin A.S., Pinheiro S.L., Rocha D.G., Bueno C.E. Sealing ability of mineral trioxide aggregate (MTA) combined with distilled water, chlorhexidine, and doxycycline. *Journal of oral science*. 2012; 54(3):233-239.
  243. Stefopoulos S., Tzanetakakis G.N., Kontakiotis E.G. Non-surgical retreatment of a failed apicoectomy without retrofilling using white mineral trioxide aggregate as an apical barrier. *Brazilian Dental Journal* 2012 23:2 167-171.
  244. Shahi S., Yavari H.R., Rahimi S., Eskandarinezhad M., Shakouei S., Unchi M. Comparison of the sealing ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement used as root-end filling materials. *Journal of oral science*. 2011;53(4):517-522.
  245. Tanomaru-Filho M., Faleiros F.B., Silva G.F., Bosso R., Guerreiro-Tanomaru J.M. Sealing ability of retrograde obturation materials containing calcium hydroxide or MTA. *Acta odontológica latinoamericana*. 2011; 24(1):110-114.
  246. Froughreyhani M., Milani A.S., Rahimi S., Shakouie S., Fateh S. Comparison of apical sealing ability of resected mineral trioxide aggregate, gutta-percha and a resin-based root canal filling material (resilon). *African Journal of Biotechnology*. 2011; 10(51):10516-10519.
  247. Nair U., Ghattas S., Saber M., Natera M., Walker C., Pileggi R. A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: An in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2011; 112(2): 74-77.
  248. Vasconcelos B.C., Bernardes R.A., Duarte M.A., Bramante C.M., Moraes I.G. Apical sealing of root canal fillings performed with five different endodontic sealers: analysis by fluid filtration. *Journal of applied oral science*.2011;19(4):324-328.
  249. Koçak M.M., Koçak S., Aktuna S., Görücü J., Yaman S.D. Sealing ability of retrofilling materials following various root-end cavity preparation techniques. *Lasers in Medical Science*. 2011;26(4):427-431.
  250. Han L., Okiji T., Okawa S. Morphological and chemical analysis of different precipitates on mineral trioxide aggregate immersed in different fluids. *Dental Materials Journal*. 2010; 29(5): 512-517.

251. Jalalzadeh S.M., Mamavi A., Khoshbin E., Karapanou V., Mohammadi Z. The effect of post space preparation in teeth obturated with Mineral Trioxide Aggregate evaluated using a fluid filtration system. *Journal of oral science*. 2010;52(4):567-570.
252. Post L.K., Lima F.G., Xavier C.B., Demarco F.F., Gerhardt-Oliveira M. Sealing ability of MTA and amalgam in different root-end preparations and resection bevel angles: An in vitro evaluation using marginal dye leakage. *Brazilian Dental Journal* 2010; 21(5):416-419.
253. Imamura Y., Tanaka Y., Nagai A., Yamashita K., Takagi Y. Self-sealing ability of OCP-mediated cement as a deciduous root canal filling material. *Dental Materials Journal* 2010; 29(5):582-588.
254. Dadresanfar B., Khalilak Z., Shiekholeslami M., Afshar S. Comparative study of the sealing ability of the lateral condensation technique and the BeeFill system after canal preparation by the Mtwo NiTi rotary system. *Journal of oral science* 2010; 52(2):281-285.
255. Farea M., Masudi S., Bakar W.Z.W. Apical microleakage evaluation of system B compared with cold lateral technique: In vitro study. *Australian Endodontic Journal* 2010;36(2):48-53.
256. Mohn D., Bruhin C., Luechinger N.A., Stark W.J., Imfeld T., Zehnder M. Composites made of flame-sprayed bioactive glass 45S5 and polymers: Bioactivity and immediate sealing properties. *International Endodontic Journal* 2010;43(11):1037-1046.
257. Gandolfi M.G., Prati C. MTA and F-doped MTA cements used as sealers with warm gutta-percha. Long-term study of sealing ability. *International Endodontic Journal* 2010; 43(10):889-901.
258. Al-Hadlaq S.M., Al-Jamhan A., Alsaeed T. Comparison of the single cone and cold lateral compaction techniques in sealing 0.04 taper root canal preparations. *General Dentistry*. 2010; 58(5):219-222.
259. Shokouhinejad N., Nekoofar M.H., Irvani A., Kharrazifard M.J., Dummer P.M.H. Effect of Acidic Environment on the Push-out Bond Strength of Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics* 2010;36(5):871-874.
260. Mohn D., Zehnder M., Bruhin C., Imfeld T., Stark W.J. Bioactive root canal filling materials. *European Cells and Materials*. 2010;20(1): 35.
261. Parirokh M., Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. *Journal of Endodontics* 2010; 36(3):400-413.
262. Orosco F.A., Bramante C.M., Garcia R.B., Bernardineli N., de Moraes I.G. Sealing ability, marginal adaptation and their correlation using three root-end filling materials as apical plugs. *Journal of Applied Oral Science* 2010; 18(2):127-134.
263. Torabinejad M., Parirokh M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part II: Leakage and Biocompatibility Investigations. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(2):190-202.
264. Tzanetakis G.N., Kakavetsos V.D., Kontakiotis E.G. Impact of smear layer on sealing property of root canal obturation using 3 different techniques and sealers. Part

- I. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology. 2010; 109(2):145-153.
265. Yildirim T., Er K., Taşdemir T., Tahan E., Buruk K., Serper A. Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: A bacterial leakage study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2009;109(1):67-72.
  266. Shahi S., Rahimi S., Hasan M., Shiezadeh V., Abdolrahimi M. Sealing ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement for furcal perforation repair: a protein leakage study. *Journal of oral science*. 2009;51(4):601-606.
  267. Grecca F.S., Rezende Gomes Rosa A., Gomes M.S., Parolo C.F., Renan Dutra Bemfica J., Da Fontoura Frasca L.C., Maltz M. Effect of timing and method of post space preparation on sealing ability of remaining root filling material: In vitro microbiological study. *Journal of the Canadian Dental Association*. 2009; 7(8):583-583.
  268. Pieper C.M., Zanchi C.H., Rodrigues Jr. S.A., Moraes R.R., Pontes L.S., Bueno M. Sealing ability, water sorption, solubility and toothbrushing abrasion resistance of temporary filling materials. *International Endodontic Journal*. 2009;42(10):893-899.
  269. Çiftçi A., Vardarli D.A., Sönmez I.Ş. Coronal microleakage of four endodontic temporary restorative materials: An in vitro study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2009; 108(4):67-70.
  270. Hsieh S.-C., Teng N.-C., Lin Y.-C., Lee P.-Y., Ji D.-Y., Chen C.-C., Ke E.-S., Lee S.-Y., Yang J.-C. A Novel Accelerator for Improving the Handling Properties of Dental Filling Materials. *Journal of Endodontics*. 2009; 35(9):1292-1295.
  271. Yildirim T., Taşdemir T., Orucoglu H. The evaluation of the influence of using MTA in teeth with post indication on the apical sealing ability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2009; 108(3):471-474.
  272. Lolayekar N., Bhat S., Hegde S. Sealing ability of proroot MTA and MTA-angelus simulating a one-step apical barrier technique- an in vitro study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2009;33(4):305-310.
  273. Hollanda A.C.B., De Estrela C.R.A., De Decurcio D.A., Silva J.A., Estrela C. Sealing ability of three commercial resin-based endodontic sealers. *General Dentistry*. 2009; 57(4):368-373.
  274. Kokorikos I., Kolokouris I., Economides N., Gogos C., Helvatjoglu-Antoniades M. Long-term evaluation of the sealing ability of two root canal sealers in combination with self-etching bonding agents. *The journal of adhesive dentistry*. 2009; 11(3):239-246.
  275. Moradi S., Naghavi N., Rohani E., Javidi M. Evaluation of microleakage following application of a dentin bonding agent as root canal sealer in the presence or absence of smear layer. *Journal of oral science*. 2009;51(2):207-213.
  276. De Martins G.R., Talge Carvalho C.A., Valera M.C., De Oliveira L.D., Buso L., Carvalho A.S. Sealing ability of castor oil polymer as a rootend filling material. *Journal of Applied Oral Science*. 2009;17(3):220-223.



277. Kim U.-S., Shin S.-J., Chang S.W., Yoo H.-M., Oh T.-S., Park D.S. In vitro evaluation of bacterial leakage resistance of an ultrasonically placed mineral trioxide aggregate orthograde apical plug in teeth with wide open apices: a preliminary study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2009;107(4):52-56.
278. Uyanik M.O., Nagas E., Sahin C., Dagli F., Cehreli Z.C. Effects of different irrigation regimens on the sealing properties of repaired furcal perforations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2009; 107(3):91-95.
279. Koçak M.M., Yaman S.D. Comparison of apical and coronal sealing in canals having tapered cones prepared with a rotary NiTi system and stainless steel instruments. *Journal of oral science*. 2009; 51(1):103-107.
280. Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan AI, Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *J Appl Oral Sci*. 2018;15 (26):e20160584.
281. Shinde, A., Kokate, S., & Hegde, V. Comparative assessment of apical sealing ability of three different endodontic sealers: A scanning electron microscopic study. *Journal of Pierre Fauchard Academy*. 2014, 28(3):78–82.
282. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Razmi H, Sajadi S, Davies TE, Saghiri MA, Gorjestani H, Dummer PM. Bioactivity of EndoSequence root repair material and bioaggregate. *Int Endod J*. 2012 Dec;45(12):1127-34.
283. Patni PM, Chandak M, Jain P, Patni MJ, Jain S, Mishra P, Jain V. Stereomicroscopic Evaluation of Sealing Ability of Four Different Root Canal Sealers- An invitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2016 Aug;10(8):37-9.
284. Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Ortolani-Seltenerich PS, Lozano A, Forner L, Llena C, Rodríguez-Lozano FJ. Biocompatibility of three new calcium silicate-based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *Int Endod J*. 2017 Sep;50(9):875-884.
285. Fernández R, Restrepo JS, Aristizábal DC, Álvarez LG. Evaluation of the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. *Int Endod J*. 2016 Apr;49(4):365-73.
286. Mohammadian F, Farahanimastary F, Dibaji F, Kharazifard MJ. Scanning Electron Microscopic Evaluation of the Sealer-Dentine Interface of Three Sealers. *Iran Endod J*. 2017;12(1):38-42.
287. Shi S, Zhang DD, Chen X, Bao ZF, Guo YJ. Apical sealing ability of bioceramic paste and mineral trioxide aggregate retrofillings: a dye leakage study. *Iran Endod J*. 2015;10(2):99-103.
288. Pedullà E, Abiad RS, Conte G, Khan K, Lazaridis K, Rapisarda E, Neelakantan P<sup>3</sup>. Retreatability of two hydraulic calcium silicate-based root canal sealers using rotary instrumentation with supplementary irrigant agitation protocols: a laboratory-based micro-computed tomographic analysis. *Int Endod J*. 2019 Sep;52(9):1377-1387.

289. Carvalho CN, Martinelli JR, Bauer J, Haapasalo M, Shen Y, Bradaschia-Correa V, Manso AP, Gavini G. Micropush-out dentine bond strength of a new gutta-percha and niobium phosphate glass composite. *Int Endod J.* 2015 May;48(5):451-9.
290. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(2):93-8.