



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

ANÁLISIS DE LA FUERZA DE ADHESIÓN EN LA INTERFASE GUTAPERCHA-CEMENTO DE DIFERENTES SELLADORES ENDODÓNTICOS

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Presenta:

Lic. En Odont. Susana Azul Martínez Cuéllar

Dirigido por:

Dra. María Yolanda Elisa López Gómez

Querétaro, Qro. a 19 de abril de 2021

Resumen

Introducción: La adhesión de un sellador endodóntico se define como su capacidad para adherirse a las paredes del conducto radicular y promover la unión de los conos de gutapercha entre sí y con la dentina. En la práctica, el uso del material de obturación con sellador endodóntico crea dos interfases a lo largo de las cuales podría haber filtración. Por lo tanto, se busca conseguir la unión del sellador endodóntico con la dentina y el material de obturación. **Objetivo:** Determinar qué cemento sellador endodóntico presenta mayor fuerza de adhesión a la gutapercha, el sellador endodóntico MTA Fillapex[®], AH-Plus[®] o Sealapex[®]. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio tipo experimental *in vitro* en 80 especímenes divididos en 4 grupos: 20 tubos de polietileno adheridos a la gutapercha con MTA Fillapex[®], 20 tubos con AH-Plus[®], 20 tubos con Sealapex[®] y como grupo control, 20 tubos con Silco[®]. Una vez obtenidos los resultados se recolectaron en una base de datos de Excel; se compararon mediante la prueba estadística de ANOVA y pos hoc con prueba de Tuckey. **Resultados:** La fuerza de adhesión a la gutapercha de los cuatro selladores endodónticos dio el siguiente orden de menor a mayor: Silco[®], Sealapex[®], MTA Fillapex[®] y AH Plus[®]. La diferencia de la fuerza de adhesión a la gutapercha fue significativa ($p < 0.05$). **Conclusión:** Los resultados concuerdan con los de estudios previos que han informado sobre las propiedades adhesivas de los selladores.

Palabras clave: selladores endodónticos, fuerza de adhesión, gutapercha

Summary

Objective: To determine which root canal sealer has greater bond strength to gutta-percha, MTA Fillapex[®], AH Plus[®] or Sealapex[®]. **Materials and methods:** An *in vitro* experimental type study was carried out in 80 specimens divided into 4 groups: 20 polyethylene tubes adhered to the gutta-percha with MTA Fillapex[®], 20 tubes with AH Plus[®], 20 tubes with Sealapex[®] and as a control group, 20 tubes with Silco[®]. Once the results were obtained, they were collected in an Excel database; they were compared by means of the statistical test of ANOVA and post hoc with Tuckey test. **Results:** The bond strength to the gutta-percha of the four root canal sealers gave the following order from lowest to highest: Silco[®], Sealapex[®], MTA Fillapex[®] and AH Plus[®]. The difference in bond strength to gutta-percha was significant ($p < 0.05$). **Conclusion:** The results are consistent with those of previous studies that have reported on the adhesive properties of root canal sealers.

Keywords: root canal sealers, bond strength, gutta-percha

Dedicatorias

A mis **padres** quienes han sido mi gran ejemplo, y me han apoyado y ayudado a crecer en todos los aspectos de la vida.

A mi **familia** que ha estado siempre a mi lado mostrándome su amor e incentivándome a ser mejor cada día.

A mis **asesores** por el apoyo y conocimiento brindado a lo largo del desarrollo de la presente investigación.

A mis **profesores**, por la entrega y paciencia al brindarme sus conocimientos e inculcarme el amor a ésta noble profesión.

Agradecimientos

Agradezco a la **Universidad Autónoma de Querétaro** por brindarme la oportunidad de estudiar un posgrado de calidad.

Al **D. en C. Rubén A. Domínguez Pérez** por la paciencia y ayuda brindada desde el inicio hasta el final de mis estudios.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por otorgarme el apoyo para llevar a cabo ésta investigación.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
I. Introducción	1
II. Antecedentes	4
III. Fundamentación teórica	6
IV. Hipótesis	12
V. Objetivos	13
V.1 General	13
V.2 Específicos	13
VI. Materiales y métodos	14
VI.1 Tipo de investigación	14
VI.2 Unidad de análisis	14
VI.3 Muestra	14
VI.3.1 Criterios de selección	15
VI.3.2 Variables estudiadas	16
VI.4 Procedimientos	18
VI.4.1 Análisis estadístico	23
VI.4.2 Consideraciones éticas	24

VII. Resultados	25
VIII. Discusión	26
IX. Conclusiones	28
X. Propuestas	29
XI. Bibliografía	30

Dirección General de Bibliotecas UAQ

I. Introducción

El objetivo principal de la odontología moderna es preservar y restaurar la dentición natural (Torabinejad et al. 2015). Uno de los pilares para lograr este propósito ha sido el tratamiento no quirúrgico del conducto radicular (Morris et al. 2009). Los resultados de este tratamiento generalmente se evalúan utilizando criterios que incluyen la función, signos clínicos o síntomas, así como analizar la cicatrización radiográfica de las lesiones periapicales.

Incluso si un órgano dentario es asintomático y completamente funcional en el momento de la reevaluación, el resultado puede no considerarse exitoso si se detecta radiográficamente una cicatrización incompleta (Salehrabi and Rotstein 2010). El tratamiento no quirúrgico del conducto radicular tiene una tasa de supervivencia del 95% con un seguimiento medio de 7,5 años (Vahdati et al. 2019).

Asimismo, el objetivo de la terapia endodóntica es la preservación del órgano dentario esto se logra mediante la remoción del tejido pulpar irreversiblemente dañado, así como con la conformación, desinfección y posterior obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares. Es importante que la conformación de los conductos radiculares preparados facilite la obturación tridimensional (Schilder 1974).

Los procedimientos de endodoncia tienen como finalidad realizar la obturación total del espacio del conducto radicular. El requisito biológico indispensable es la eliminación de los productos de degradación de proteínas, bacterias y toxinas bacterianas que emanan de los conductos necróticos y gangrenosos. El propósito de desinfectar y conformar los conductos radiculares en su totalidad, y obturarlos por completo es posible. Sin embargo, deben considerarse dos elementos importantes al juzgar la obturación final del sistema de conductos, los cuales pueden interferir con el tratamiento: 1. La incapacidad de saber con certeza si el

ápice se ha sellado adecuadamente en un procedimiento no quirúrgico; 2. La existencia de numerosos conductos accesorios, muchos de los cuales contienen un potencial significativo para la producción de abscesos laterales en la raíz (Schilder and Hargreaves 2006).

Numerosos estudios, que representan diversas técnicas de endodoncia, informan que la tasa de éxito de la terapia endodóntica oscila entre el 48 y el 95%. Reiterando que uno de los requisitos previos para una terapia endodóntica exitosa es la obturación completa de los conductos radiculares, la cual proporciona un entorno biológico que propicia la cicatrización adecuada de los tejidos perirradiculares.

La enfermedad pulpar y periapical se desarrolla como resultado de una infección microbiana. El tratamiento endodóntico se encarga de proteger los tejidos perirradiculares de los efectos de los microorganismos y sus subproductos. Concretamente, esto se logra mediante una correcta obturación en un intento de prevenir la recolonización microbiana (Nguyen 1991).

La obturación total del sistema de conductos radiculares mediante el uso de materiales de obturación con propiedades biológicas y fisicoquímicas adecuadas es otro de los objetivos principales de la endodoncia. Generalmente, las técnicas de obturación que se aplican con mayor frecuencia implican el uso de gutapercha y un sellador endodóntico (De Almeida et al. 2000).

Por lo tanto, el fin debe ser la obturación completa y tridimensional de los conductos principales y accesorios. Lo que se requiere es una apreciación profunda de la importancia de obturar los conductos lateralmente, en profundidad, así como verticalmente, y posteriormente la adaptación de la técnica clínica para hacer que el objetivo sea simple y efectivo. Por lo que, a lo largo del tiempo se han desarrollado diversas técnicas de obturación con la expectativa de lograr un sellado total del conducto radicular (Schilder and Hargreaves 2006).

La obturación radicular consiste en el uso de un material de obturación que actúe como núcleo y un sellador endodóntico. El sellador endodóntico actúa como agente aglutinante para cementar el núcleo en el conducto, relleno de las discrepancias en la interfase del núcleo y la dentina, y lubricante para facilitar la colocación del material de obturación (George et al. 2005).

La capacidad de sellado apical es considerada una propiedad fundamental de los cementos selladores. De mismo modo, cabe señalar que el sellado coronal es de igual relevancia para el éxito del tratamiento. En la actualidad se busca lograr un sellado total que sea impermeable a los fluidos para evitar que los patógenos orales colonicen y vuelvan a infectar la raíz y los tejidos periapicales (De Almeida et al. 2000).

Se requiere una excelente compatibilidad tisular de los materiales de obturación endodóntico para uso clínico, ya que estos materiales pueden entrar en contacto directo con los tejidos conectivos vivos del periapice. Idealmente, un buen material de obturación endodóntico debe ser biológicamente compatible y bien tolerado, evitando cualquier posible interferencia y/o retraso del proceso de cicatrización.

Una sobreobturación con selladores endodónticos y otros materiales de obturación puede causar una reacción tisular severa y daños permanentes. A lo largo del tiempo, se han utilizado una gran variedad de materiales para obturar los conductos radiculares. La gutapercha ha sido el material de obturación más utilizado, ya que es bien tolerada por los tejidos del huésped (Gambarini et al. 2003).

Por lo tanto, la gutapercha es el material más aceptado debido a que cumple con las propiedades adecuadas gracias a su biocompatibilidad, inercia, estabilidad dimensional, compactabilidad, plasticidad al calentarse y facilidad de remoción para la posterior colocación o retratamiento (Grossman 1981).

II. Antecedentes

Ørstavik et al. (1983) midieron la fuerza de adhesión de los selladores a la dentina y gutapercha como un medio para evaluar su capacidad de sellado y, compararon estos resultados con las mediciones de filtración en una prueba de tinción. Concluyendo que, si bien la buena adaptación, la adhesión y la resistencia a la filtración pueden considerarse propiedades ventajosas y que deben buscarse en teoría, su estudio no proporcionó ninguna correlación para una asociación entre las evaluaciones *in vitro* de estos parámetros, o entre cualquiera de ellos y el rendimiento clínico de los materiales.

Lee et al. (2002) demostraron que existen diferencias en la fuerza de adhesión a la dentina y gutapercha de los selladores endodónticos. Según este estudio, los selladores a base de ionómero de vidrio e hidróxido de calcio se unen mejor a la dentina que a la gutapercha, en cambio los selladores a base de óxido de zinc y resina epóxica se unen mejor a la gutapercha que a la dentina. Esto significa que la filtración apical puede ocurrir en diferentes interfases dependiendo el sellador endodóntico utilizado.

Teixeira et al. (2009) realizaron pruebas de resistencia al cizallamiento y pruebas de resistencia a la tracción para evaluar la adhesión de un sellador endodóntico a base de resina epóxica (AH-Plus[®]) a la dentina y gutapercha. Evaluando los resultados por medio de microscopía electrónica de barrido. El estudio demostró que la prueba de resistencia al cizallamiento es un método factible y reproducible. A pesar de que esta prueba producía fuerzas de unión significativamente más bajas que la resistencia a la tracción, la prueba de resistencia al cizallamiento fue más fácil de realizar, lo que permitió analizar muestras de gutapercha y dentina de manera similar. Además, proporcionó resultados homogéneos con una variación considerablemente baja de la fuerza de unión.

Saleh et al. (2003) llevaron a cabo un estudio acerca de la adhesión de diferentes selladores endodónticos en el cual demostraron que no todos los selladores penetraron a los túbulos dentinarios expuestos y que la fuerza de adhesión no fue la misma para todos los cementos selladores. Esto confirma la teoría de que la retención micromecánica por filtración del sellador dentro de los túbulos quizás no es un factor importante que afecte la adhesión de los selladores endodónticos. Además, la filtración tubular depende claramente de las propiedades químicas y físicas del sellador. Concluyendo que la adhesión de los selladores a la dentina y la gutapercha es un proceso complejo con mecanismos separados que funcionan para los diversos selladores y diferentes superficies de dentina.

III. Fundamentación teórica

Una gran variedad de selladores endodónticos están disponibles comercialmente, los cuales se dividen de acuerdo con su composición química en: selladores a base de óxido de zinc y eugenol, a base de resina epóxica, a base de hidróxido de calcio y a base de ionómero de vidrio (De Almeida et al. 2000).

Los selladores endodónticos son utilizados con la intención de lograr un sellado impermeable a los fluidos a lo largo de todo el conducto radicular, incluyendo el foramen apical, las irregularidades del conducto y las discrepancias menores entre la pared dentinaria y el material de obturación. De modo que, los selladores ayudan a prevenir filtración, reducen la posibilidad de que bacterias residuales del conducto invadan los tejidos periapicales y favorecen la resolución de la lesión periapical (Ørstavik, Eriksen, and Beyer-Olsen 1983).

Según Grossman, un sellador ideal debería proporcionar excelente sellado, estabilidad dimensional, tiempo de fraguado lento, tiempo de trabajo prolongado, insolubilidad a los fluidos tisulares, adhesión adecuada a las paredes del conducto y biocompatibilidad (Grossman 1981).

Las propiedades de los selladores del conducto radicular tienen un impacto en la calidad de la obturación final (Ørstavik, Eriksen, and Beyer-Olsen 1983). Las propiedades de los selladores endodónticos y su comportamiento clínico se han evaluado mediante pruebas sobre sus propiedades físicas. Las propiedades físicas de varios tipos de selladores endodónticos se han estudiado ampliamente, incluyendo el tiempo de trabajo, tiempo de fraguado, fluidez, espesor, solubilidad, cambio dimensional y radioopacidad (Grossman 1981).

Debido a que los materiales de obturación convencionales por si solos no sellan eficazmente el conducto radicular, se han desarrollado nuevos selladores endodónticos. Pero a pesar de que se han propuesto varios tipos de selladores

endodónticos como materiales de obturación innovadores, aún no se ha encontrado el sellador ideal (Resende et al. 2009).

Lo ideal sería que la capacidad de los selladores para adherirse a la dentina resultara en resistencia a la fractura vertical de la raíz y posiblemente en una capacidad superior de sellado (Ray and Seltzer 1991), así como auxiliar en la obturación de las ramificaciones y deltas apicales y de los espacios donde la gutapercha no pudo adaptarse (Kontakiotis, Tzanetakos, and Loizides 2007).

En odontología se han utilizado productos químicos a base de calcio en la práctica clínica durante más de un siglo. El hidróxido de calcio fue introducido a la endodoncia por Herman en 1920 por su capacidad de reparación pulpar (Fidel et al. 1994). En endodoncia, se usa principalmente para procedimientos de recubrimiento pulpar, como medicamento intraconducto, en algunas técnicas de apexificación y como componente de varios selladores endodónticos (Desai and Chandler 2009).

El primer uso clínico del hidróxido de calcio como material de obturación del conducto radicular fue por Rhoner en 1940 (Leal and Filho 1980). Tomó otros 20 años para que el hidróxido de calcio se hiciera popular para la apexificación, el sellado de perforaciones y el manejo de la reabsorción (Ingle 1976).

Las dos razones más importantes para usar hidróxido de calcio como material de obturación radicular son la estimulación de los tejidos periapicales para mantener la salud o promover la cicatrización y, en segundo lugar, por sus efectos antimicrobianos. Esto último dependiendo de la disponibilidad de iones hidroxilo libres (Desai and Chandler 2009).

El pH alcalino del hidróxido de calcio estimula la reparación y la calcificación activa y genera una respuesta degenerativa inmediata seguida rápidamente por una respuesta de mineralización y osificación (Manhart 1982). De igual manera,

neutraliza el ácido láctico de los osteoclastos y también activa la fosfatasa alcalina que juega un papel importante en la formación de tejido duro (Stock 1985). Además, se difunde a través de los túbulos dentinarios y puede comunicarse con el espacio del ligamento periodontal para detener la reabsorción radicular externa y acelerar la cicatrización (Tronstad et al. 1981).

Por otra parte, los selladores endodónticos a base de óxido de zinc y eugenol se han utilizado clínicamente durante varias décadas, porque tienen propiedades fisicoquímicas satisfactorias. Norman et al. encontraron una relación directa entre el tamaño de partícula y el tiempo de fraguado de los cementos de óxido de zinc-eugenol (Norman et al. 1964). En la mayoría de los casos, no más del 50% al 60% del polvo de cemento está compuesto de óxido de zinc. Casi todos contienen un cierto porcentaje de resina sintética.

A diferencia de otros cementos que se usan en odontología y fraguan dentro de un rango de tiempo muy corto, el tiempo de fraguado de los selladores endodónticos de óxido de zinc y eugenol varía en un rango bastante amplio. Sin embargo, la prueba de adhesión para comparar los diversos cementos muestran que el sellador a base de óxido de zinc varía de entre 200 a 600 gm en las pruebas, siendo el que menor fuerza de adhesión presenta (Grossman 1976).

Las propiedades físicas necesarias para esta función incluyen la adaptación y adhesión a la superficie de la dentina del conducto radicular y la estabilidad dimensional de la obturación (Barthel et al. 1999).

Los cambios dimensionales de los selladores endodónticos a lo largo del tiempo pueden producir espacios a lo largo de la interfase sellador/dentina o sellador/gutapercha, espacios que pueden ser lo suficientemente grandes como para permitir que los microorganismos se filtren. La estabilidad dimensional de los selladores del conducto radicular es, por lo tanto, relevante para la función apropiada de la obturación (Ørstavik, Eriksen, and Beyer-Olsen 1983).

Asimismo, se ha encontrado un excelente sellado apical con selladores a base de resina epóxica, aunque estos selladores no dan la respuesta biológica más favorable (Limkangwalmongkol et al. 1991). Sin embargo, en la actualidad el sellador endodóntico considerado el estándar de oro es AH Plus[®], utilizado con frecuencia en la investigación de endodoncia (Silva et al. 2017). Este sellador a base de resina epóxica tiene excelentes propiedades fisicoquímicas (De Almeida et al. 2000; Resende et al. 2009; Schäfer, Bering, and Bürklein 2013), biológicas (Leonardo et al. 1999; Tanomaru et al. 2009; Mutoh et al. 2013) y antimicrobianas (Saleh et al. 2004; Heyder et al. 2013; Wang, Shen, and Haapasalo 2014) sin la liberación de formaldehído (De Almeida et al. 2000).

Recientemente, se introdujeron selladores con base de agregado de trióxido mineral (MTA) para lograr buenas características biológicas. MTA Fillapex[®] es un sellador endodóntico a base de silicato de calcio desarrollado para explorar el equilibrio entre las propiedades biológicas y físico-químicas de MTA. El impacto positivo de la remoción de la capa de frotis y la humedad relativa de la dentina en la fuerza de unión de este sellador endodóntico se ha demostrado en estudios previos, además de ser considerado un sellador ideal con flujo y capacidad para promover el proceso de biomineralización (Banci et al. 2020).

La adhesión de un sellador endodóntico se define como su capacidad para adherirse a las paredes del conducto radicular y promover la unión de los conos de gutapercha entre sí y con la dentina. Esta propiedad puede estar influenciada por el tratamiento realizado en las paredes del conducto radicular, así como por el tipo de sellador utilizado (Erikson 1992).

Un factor importante a considerar en el tratamiento del conducto radicular es la presencia de una capa de frotis en las superficies de la dentina. Los avances en la tecnología adhesiva han reforzado la búsqueda de medios para minimizar la filtración marginal apical y coronal al mejorar la adhesión del sellador a las

paredes del conducto radicular y, por lo tanto, reducir la susceptibilidad de fractura de las raíces obturadas (Teixeira et al. 2009).

Un sellador endodóntico ideal debe, en parte, adherirse firmemente tanto a la dentina como a la gutapercha. Se pueden esperar diferencias en las propiedades adhesivas de los selladores endodónticos, porque su interacción con estas estructuras puede variar de acuerdo a su composición química (Marciano and Michailesco 1989).

Con respecto a los selladores a base de hidróxido de calcio y de resina epóxica no se espera ninguna interacción específica con la dentina a partir de la reacción de fraguado. En contraste, el sellador a base de óxido de zinc y eugenol y a base de ionómero de vidrio se adhiere firmemente a la dentina. Además, el eugenol es un disolvente de la gutapercha que puede suavizarlo durante la reacción de fraguado y aumentar la unión del sellador a la gutapercha (McComb and Smith 1976).

No se puede obtener un sellado impermeable a los fluidos sin el uso de un sellador, porque la gutapercha no se adhiere espontáneamente a las paredes de la dentina (Skinner and Himel 1987). Además, se busca obtener la adhesión de un sellador de conductos radiculares tanto a la gutapercha como a la dentina radicular para estabilizar el sello apical durante la preparación posterior sin desalojo o pérdida del sello (Saunders, Saunders, and Rashid 1991).

En la práctica, el uso del material de obturación con sellador endodóntico crea dos interfases a lo largo de las cuales podría haber filtración: las interfases sellador/gutapercha y sellador/dentina. Por lo tanto, se busca conseguir una unión del sellador endodóntico con la dentina y el material de obturación (Lee et al. 2002). El ajuste adecuado del cono principal de gutapercha permite una mejor adaptación y estandarización, lo cual es un importante factor de sellado obtenido por la obturación de los conductos radiculares (De Almeida et al. 2000).

Existe estrecha relación entre la calidad de la obturación del conducto radicular y el éxito del tratamiento (Tavares et al. 2009). La obturación adecuada del conducto radicular, especialmente de sus ramificaciones, implica varios desafíos principalmente debido a las dificultades involucradas en la adherencia del material de obturación a las paredes del conducto (Gillen et al. 2011).

Los bajos valores de adhesión a la dentina o a la gutapercha se han asociado con diferencias según el sustrato. Por ejemplo, el tratamiento específico de la superficie, la preparación del conducto radicular y el protocolo de irrigación final. Indudablemente la resistencia adhesiva no es la única propiedad que se toma en consideración en la selección de selladores endodónticos. Sin embargo, el análisis puede ser útil para estudiar mejoras en la composición del sellador, así como en las técnicas de obturación (Weiger et al. 1995).

IV. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

- El cemento sellador endodóntico AH Plus[®] presenta mayor fuerza de adhesión a la gutapercha que los cementos selladores MTA Fillapex[®] y Sealapex[®].

Hipótesis nula

- El cemento sellador endodóntico AH-Plus[®] no presenta mayor fuerza de adhesión a la gutapercha que los cementos selladores MTA Fillapex[®] y Sealapex[®].

Hipótesis alternativa

- El cemento sellador endodóntico AH-Plus[®] presenta menor fuerza de adhesión a la gutapercha que los cementos selladores MTA Fillapex[®] y Sealapex[®].

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

- Determinar qué cemento sellador endodóntico presenta mayor fuerza de adhesión a la gutapercha, el sellador endodóntico MTA Fillapex[®] a base de silicato de calcio, AH-Plus[®] a base de resina epóxica o Sealapex[®] a base de hidróxido de calcio.

V.2 Objetivos específicos

- Medir la fuerza de adhesión a la gutapercha del cemento sellador endodóntico a base de silicato de calcio MTA Fillapex[®].

- Medir la fuerza de adhesión a la gutapercha del cemento sellador endodóntico a base de resina epóxica AH-Plus[®].

- Medir la fuerza de adhesión a la gutapercha del cemento sellador endodóntico a base de hidróxido de calcio Sealapex[®].

- Comparar la fuerza de adhesión a la gutapercha de los cementos selladores endodónticos MTA Fillapex[®], AH-Plus[®] y Sealapex[®].

VI. Materiales y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Se realizó un estudio de tipo experimental *in vitro*

VI.2 Unidad de análisis

Tubos de polietileno adheridos a la gutapercha con sellador endodóntico MTA Fillapex[®] a base de silicato de calcio, AH-Plus[®] a base de resina epóxica, Sealapex[®] a base de hidróxido de calcio y Silco[®] a base de óxido de zinc y eugenol.

VI.3 Muestra

80 especímenes divididos en 4 grupos:

Grupo 1

20 tubos de polietileno adheridos a la gutapercha con sellador endodóntico MTA Fillapex[®] a base de silicato de calcio

Grupo 2

20 tubos de polietileno adheridos a la gutapercha con sellador endodóntico AH-Plus[®] a base de resina epóxica

Grupo 3

20 tubos de polietileno adheridos a la gutapercha con sellador endodóntico Sealapex[®] a base de hidróxido de calcio

Grupo control

20 tubos de polietileno adheridos a la gutapercha con sellador endodóntico Silco[®] a base de óxido de zinc y eugenol

VI.3.1 Criterios de selección

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Especímenes con llenado homogéneo

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Especímenes que presenten burbujas

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

- Especímenes que se separen antes de aplicar la fuerza de cizallamiento y que sufran algún inconveniente durante el procedimiento

VI.3.2 Variables estudiadas

Variable dependiente: Fuerza de adhesión a la gutapercha

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
*Fuerza de adhesión a gutapercha	Fenómeno por el que dos superficies mantienen una unión firme y prolongada en el tiempo	Se midió realizando pruebas de fuerza en la máquina de pruebas universal	Cuantitativa	Continua	No aplica

Variables independientes: Tubo de polietileno lleno de cemento MTA Fillapex®, tubo de polietileno lleno de cemento AH-Plus® y tubo de polietileno lleno de cemento Sealapex®.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
*Tubo de polietileno lleno de cemento MTA Fillapex®	Fragmento de sonda de polietileno rellena de cemento sellador a base de silicato de calcio (Angelus) conformado por un tubo de pasta base y un tubo de	Mezclado como lo indica el fabricante y empacado en el tubo de polietileno previamente cortado	Cualitativa	Nominal	No aplica

	pasta catalizadora				
*Tubo de polietileno lleno de cemento AH-Plus®	Fragmento de sonda de polietileno rellena de cemento sellador a base de resina epóxica (Dentsply/DeTrey) conformado por un tubo de pasta A (base) y un tubo de pasta B (catalizador)	Mezclado como lo indica el fabricante y empacado en el tubo de polietileno previamente cortado	Cualitativa	Nominal	No aplica
*Tubo de polietileno lleno de cemento Sealapex®	Fragmento de sonda de polietileno rellena de cemento sellador a base de hidróxido de calcio (Kerr) conformado por un tubo de pasta base y un tubo de pasta catalizadora	Mezclado como lo indica el fabricante y empacado en el tubo de polietileno previamente cortado	Cualitativa	Nominal	No aplica

VI.4 Procedimientos

FASE 1 → Obtención de cementos selladores

1. Se obtuvieron los selladores endodónticos MTA Fillapex[®] a base de silicato de calcio agregado (Figura 1), AH-Plus[®] a base de resina epóxica (Figura 2), Sealapex[®] a base de hidróxido de calcio (Figura 3) y Silco[®] a base de óxido de zinc y eugenol.



Figura 1



Figura 2



Figura 3

FASE 2 → Elaboración de cubos de acrílico rellenos de gutapercha

1. Se colocó el monómero en un recipiente de vidrio y se incorporó lentamente el polvo de acrílico autopolimizable, mezclándolos al mismo tiempo con una espátula de cementos hasta que se formó una masa homogénea (Figura 4).

2. Una vez conseguida la consistencia homogénea, la masa de acrílico se manipuló en su fase plástica para elaborar los cubos de acrílico de aproximadamente de 3cm x 1cm x 1cm (Figura 5) y se incrustó en el centro del cubo una tira de cera Utility.

3. Se colocó en la parrilla una olla con agua a fuego lento en la cual se sumergieron los cubos de acrílico completamente endurecidos y de esta forma se derritió la cera Utility.

4. Los cubos de acrílico vacíos se sacaron de la olla con agua y se secaron completamente.

5. Las barras de gutapercha fueron derretidas en baño maría. Para esto las barras de gutapercha fueron colocadas en un recipiente de vidrio el cual se colocó en una olla con un tercio de agua y se colocó en la parrilla a fuego lento para evitar que el agua hirviera.

6. Una vez derretidas las barras de gutapercha se vertieron dentro de los cubos de acrílico y se dejaron endurecer.



Figura 4



Figura 5

FASE 3 → Elaboración de tubos de polietileno rellenos de sellador endodóntico

1. Se obtuvieron sondas de polietileno (diámetro externo= 4 mm, diámetro interno= 3 mm).

2. Se cortaron las sondas de polietileno con un bisturí (longitud = 7 mm) para obtener el tamaño necesario de los tubos que se rellenaron con selladores endodónticos.

3. Se colocó una proporción 1:1 de la pasta base y la pasta catalizadora del sellador endodóntico MTA Fillapex[®] a base de silicato de calcio en una loseta de vidrio y se mezcló con una espátula de cementos.
4. Se llenaron 20 tubos de polietileno con sellador endodóntico MTA Fillapex[®] a base de silicato de calcio colocándolos sobre los cubos de acrílico rellenos de gutapercha (Figura 6) y se dejaron fraguar en la incubadora a 37 °C durante 48 horas.
5. Se colocó una proporción 1:1 de la pasta A y la pasta B del sellador endodóntico AH-Plus[®] a base de resina epóxica en una loseta de vidrio y se mezcló con una espátula de cementos.
6. Se llenaron 20 tubos de polietileno con sellador AH-Plus[®] a base de resina epóxica colocándolos sobre los tubos de acrílico rellenos de gutapercha (Figura 7) y se dejaron fraguar en la incubadora a 37 °C durante 48 horas.
7. Se colocó una proporción 1:1 de la pasta base y la pasta catalizadora del sellador endodóntico Sealapex[®] a base de hidróxido de calcio en una loseta de vidrio y se mezcló con una espátula de cementos.
8. Se llenaron 20 tubos de polietileno con sellador Sealapex[®] a base de hidróxido de calcio colocándolos sobre los tubos de acrílico rellenos de gutapercha (Figura 8) y se dejaron fraguar en la incubadora a 37 °C durante 48 horas.
9. Para el grupo control se colocó una proporción 1:1 de polvo y líquido del sellador endodóntico Silco[®] a base de óxido de zinc y eugenol en una loseta de vidrio y se mezcló con una espátula de cementos.
10. Se llenaron 20 tubos de polietileno con sellador Silco[®] a base de óxido de zinc y eugenol colocándolos sobre los tubos de acrílico rellenos de gutapercha (Figura 9) y se dejaron fraguar en la incubadora a 37 °C durante 48 horas.



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9

FASE 4 → Prueba de especímenes en la máquina universal de pruebas

1. Los especímenes se colocaron uno por uno en la máquina universal de pruebas para realizar la prueba de resistencia al cizallamiento como medio para evaluar la fuerza de adhesión (Figura 10 y 11).

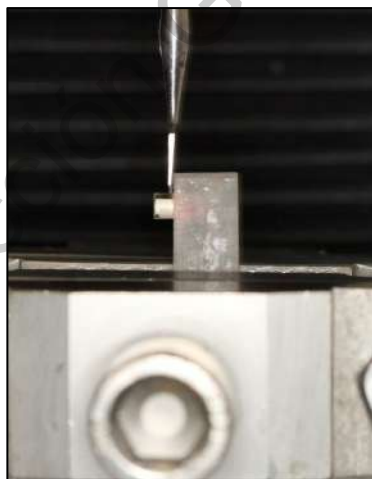


Figura 10

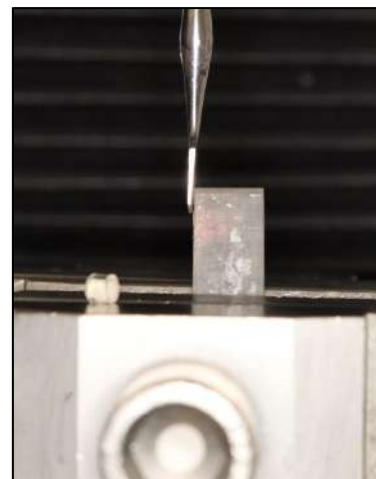


Figura 11

FASE 5 → Almacenamiento de datos

1. Cada medición fue agrupada en la base de datos de Excel por grupo de variables (Figura 12).



Figura 12

FASE 6 → Análisis estadístico de los resultados

1. Se procesaron los resultados en tablas y/o gráficas, se determinó la fuerza de adhesión para cada grupo y fueron comparados en el apartado de resultados.

VI.4.1 Análisis estadístico

La recolección de datos se llevó a cabo utilizando el software Excel. Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar si la distribución de datos era normal. Posteriormente, se realizó el análisis estadístico ANOVA de una vía para buscar diferencias significativas en la fuerza de unión a la gutapercha, así como la prueba de Tuckey para corroborar la hipótesis de trabajo.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

VI.4.2 Consideraciones éticas

El presente estudio buscó evaluar la fuerza de adhesión en la interfase gutapercha-cemento del sellador endodóntico MTA Fillapex® a base de silicato de calcio, AH-Plus® a base de resina epóxica y Sealapex® a base de hidróxido de calcio, por lo que no se identificó un riesgo en la investigación, ya que no existió intervención o contacto con personas. Para la autorización de la ejecución del proyecto, se realizó una solicitud dirigida al Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro, la cual fue aprobada.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

VII. Resultados

En la Tabla 1 se muestra la fuerza de adhesión a la gutapercha y el tiempo de falla adhesiva de los 4 grupos de selladores endodónticos.

Tabla 1.- Fuerza de adhesión a la gutapercha y tiempo de falla adhesiva de los 4 grupos.

Grupo	MTA-Fillapex® (n=20)	AH-Plus® (n=20)	Sealapex® (n=20)	Control Silco® (n=20)	Valor de <i>p</i>
	$\bar{x} \pm D.E.$ (Rango)				
Fuerza de adhesión (N)	1.78 ± 0.37 (1.05 - 2.65)	11.83 ± 4.07 (2.30 - 18.75)	0.63 ± 0.33 (0.03 - 1.34)	0.32 ± 0.22 (0.10 - 1.20)	<0.0001*
Tiempo de falla adhesiva (seg)	20.56 ± 11.83 (5.80 - 55.80)	28.48 ± 7.69 (17.30 - 43)	17.77 ± 7.69 (8.30 - 36.70)	21.12 ± 13.34 (0.40 - 63.10)	0.0131

\bar{x} : promedio, D.E.: desviación estándar, ANOVA de una vía, *Valor estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

VIII. Discusión

El propósito del presente estudio fue determinar qué cemento sellador endodóntico presentó mayor fuerza de adhesión a la gutapercha. El total de especímenes incluidos en el estudio presentaron un llenado homogéneo, no se separaron antes de aplicar la fuerza de cizallamiento, ni sufrieron ningún inconveniente durante el procedimiento, todos los anteriores fueron criterios de selección para poder estandarizar el estudio.

La fuerza de unión de los selladores endodónticos a la dentina y al material de obturación del conducto radicular se ha investigado anteriormente. Sin embargo, pocos estudios han intentado establecer una metodología que proporcione un modelo de prueba más estandarizado y, en general, investigaron la adhesión de los selladores endodónticos a la dentina coronal en lugar de a la dentina radicular (Picoli et al. 2003). Otros estudios han probado discos de dentina coronales cementados a discos de gutapercha (Lee et al. 2002). En otro estudio (Saleh et al. 2002) que evaluó el efecto del pretratamiento de la dentina sobre la adhesión de los selladores del conducto radicular, se trató la interfase dentina/sellador/gutapercha hasta la falla con la aplicación de la carga de tracción en la misma dirección que la de los túbulos dentinarios.

Al realizar un estudio de este tipo y en base a diferentes autores se puede determinar que los estudios de adherencia en estudios comparativos de la capacidad de los diversos selladores endodónticos son pocos. Grossman (Grossman 1976) estudió la adhesión de varios selladores al vidrio rugoso para imitar la dentina, pero esto estaba muy alejado de las condiciones clínicas. McComb y Smith (1976) compararon la adhesión de varios selladores a la dentina y mostraron una fuerza de adhesión a la dentina del sellador AH26 de $16,5 \text{ kg/cm}^2$ (1,6 MPa), mientras que los selladores de óxido de zinc y eugenol no mostraron propiedades adhesivas.

Por otra parte, Wennberg y Ørstavik (1989) compararon las propiedades adhesivas de ocho selladores del conducto radicular aplicados en una capa

delgada entre un disco de dentina y un disco de gutapercha, pero solo midieron la fuerza de unión de la interfase dentina-sellador endodóntico.

A diferencia de la mayoría de los estudios realizados con anterioridad, en los cuales se examina la interfase dentina-sellador endodóntico, en el presente trabajo se analizó la interfase gutapercha-sellador endodóntico. La fuerza de adhesión a la gutapercha de los cuatro selladores endodónticos dio el siguiente orden de menor a mayor: Silco[®], Sealapex[®], MTA Fillapex[®] y AH Plus[®]. La diferencia de la fuerza de adhesión a la gutapercha entre los distintos selladores endodónticos fue significativa ($p < 0.05$).

Por lo tanto, queda demostrado que existe diferencia entre la fuerza de adhesión de los diferentes selladores endodónticos utilizados en la práctica endodóntica, en la cual se busca conseguir una unión al material de obturación que permita una mejor adaptación y estandarización del cono principal de gutapercha dentro del conducto radicular. Esto último, es un importante factor para el sellado tridimensional que se pretende lograr al momento de realizar la obturación de los conductos radiculares.

Ciertamente la resistencia adhesiva no es la única propiedad que se toma en consideración en la selección de selladores endodónticos. Sin embargo, su análisis puede ser útil para estudiar mejoras en la composición del sellador, así como en las técnicas de obturación, por lo que es motivo de estudio para poder conocer más sobre sus ventajas y desventajas, para así brindar mejores tratamientos con mejores resultados y estabilidad a largo plazo.

IX. Conclusiones

1.- Todos los selladores probados mostraron una adhesión a la gutapercha mensurable, pero se observó una unión muy débil en el caso del sellador Silco[®]. Por otro lado, el sellador AH-Plus[®] mostró una diferencia significativa en la fuerza de unión a la gutapercha a diferencia del resto de los selladores endodónticos.

2.- Cuando se rompió la unión entre el sellador y la gutapercha, la falla adhesiva en la superficie de gutapercha se presentó principalmente para el sellador Silco[®] y Sealapex[®].

3.- Los resultados concuerdan con los de estudios previos que han informado sobre las propiedades adhesivas de los selladores a base de resina epóxica a la gutapercha.

X. Propuestas

- 1.- Continuar con la línea de investigación que evalúe las propiedades de adhesión de los selladores endodónticos.
- 2.- Estudiar la fuerza de adhesión a la gutapercha de selladores endodónticos nuevos que se desarrollen posteriormente a la realización de este trabajo.
- 3.- Estudiar las mejoras que se puedan realizar respecto al uso de los selladores endodónticos, así como en las técnicas de obturación.
- 4.- Incluir el uso de distintos selladores endodónticos en la clínica de la Especialidad de Endodoncia de la Universidad Autónoma de Querétaro, para así analizar clínicamente sus propiedades.

XI. Bibliografía

- Almeida, W. A. De, M. R. Leonardo, M. Tanomaru Filho, and L. A.B. Silva. 2000. "Evaluation of Apical Sealing of Three Endodontic Sealers." *International Endodontic Journal* 33 (1): 25–27. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2000.00247.x>.
- Banci, H. A., H. B. Strazzi-Sahyon, M. A.H. Duarte, L. T.A. Cintra, J. E. Gomes-Filho, L. O. Chalub, S. A. Berton, V. H.D. de Oliveira, P. H. dos Santos, and G. Sivieri-Araujo. 2020. "Influence of Photodynamic Therapy on Bond Strength and Adhesive Interface Morphology of MTA Based Root Canal Sealer to Different Thirds of Intraradicular Dentin." *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 32 (August): 102031. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.102031>.
- Barthel, C. R., J. Moshonov, G. Shuping, and D. Ørstavik. 1999. "Bacterial Leakage versus Dye Leakage in Obturated Root Canals." *International Endodontic Journal* 32 (5): 370–75. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1999.00235.x>.
- Burstone, Charles J. 1981. "Variable-Modulus Orthodontics." *American Journal of Orthodontics* 80 (1): 1–16. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(81\)90192-5](https://doi.org/10.1016/0002-9416(81)90192-5).
- Desai, Shalin, and Nicholas Chandler. 2009. "Calcium Hydroxide-Based Root Canal Sealers: A Review." *Journal of Endodontics* 35 (4): 475–80. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.026>.
- Fidel, R. A., M. D. Sousa Neto, J. C. Spanó, E. L. Barbin, and J. D. Pécora. 1994. "Adhesion of Calcium Hydroxide-Containing Root Canal Sealers." *Brazilian Dental Journal*.
- Frederiksen, Neil L. 1995. "Diagnostic Imaging in Dental Implantology." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology And* 80 (5): 540–54. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(05\)80153-2](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(05)80153-2).
- Gambarini, G., M. Rndreasi-Bassi, G. Rolognini, L. Testarelli, G. Nocca, L.

Ceccarelli, R. Scatena, A. Lupi, and M. Castagnola. 2003. "Cytotoxicity of a New Endodontic Filling Material." *Australian Endodontic Journal* 29 (1): 17–19. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2003.tb00489.x>.

George, Paul M., Alvin W. Lyckman, David A. Lavan, Anita Hegde, Yuika Leung, Rupali Avasare, Chris Testa, Phillip M. Alexander, Robert Langer, and Mriganka Sur. 2005. "Fabrication and Biocompatibility of Polypyrrole Implants Suitable for Neural Prosthetics." *Biomaterials* 26 (17): 3511–19. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2004.09.037>.

Gillen, Brian M., Stephen W. Looney, Li Sha Gu, Bethany A. Loushine, Roger N. Weller, Robert J. Loushine, David H. Pashley, and Franklin R. Tay. 2011. "Impact of the Quality of Coronal Restoration versus the Quality of Root Canal Fillings on Success of Root Canal Treatment: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Journal of Endodontics* 37 (7): 895–902. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.04.002>.

Grossman, Louis I. 1976. "Physical Properties of Root Canal Cement S" 2 (6): 166–75.

Heyder, Markus, Stefan Kranz, Andrea Völpel, Wolfgang Pfister, David C. Watts, Klaus D. Jandt, and Bernd W. Sigusch. 2013. "Antibacterial Effect of Different Root Canal Sealers on Three Bacterial Species." *Dental Materials* 29 (5): 542–49. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.02.007>.

K.W Lee, Williams M.C., Camps J.J., and Pashley D.H. 2002. "Adhesion of Endodontic Sealers to Dentin and Gutta-Percha." *Journal of Endodontics* 28 (10): 684–88. <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L35524347>.

Kokich, V. G. 1996. "Esthetics: The Orthodontic-Periodontic Restorative Connection." *Seminars in Orthodontics* 2 (1): 21–30. [https://doi.org/10.1016/S1073-8746\(96\)80036-3](https://doi.org/10.1016/S1073-8746(96)80036-3).

Kontakiotis, Evangelos G., Giorgos N. Tzanetakis, and Alexios L. Loizides. 2007. "A Comparative Study of Contact Angles of Four Different Root Canal Sealers." *Journal of Endodontics* 33 (3): 299–302. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.11.016>.

Kotlow, Lawrence A. 2004. "Lasers in Pediatric Dentistry." *Dental Clinics of North America* 48 (4): 889–922. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2004.05.005>.

Leonardo, M. R., L. A.B. Da Silva, W. A. Almeida, and L. S. Utrilla. 1999. "Tissue Response to an Epoxy Resin-Based Root Canal Sealer." *Dental Traumatology* 15 (1): 28–32. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1999.tb00745.x>.

Leonardo, Mario Roberto, Jayme Maurício Leal, and Ariano Penteado Simões Filho. 1980. "Pulpectomy: Immediate Root Canal Filling with Calcium Hydroxide. Concept and Procedures." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 49 (5): 441–50. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(80\)90289-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(80)90289-3).

Limkangwalmongkol, Sriwalee, Peter Burtscher, Paul V. Abbott, Anthony B. Sandler, and Brian M. Bishop. 1991. "A Comparative Study of the Apical Leakage of Four Root Canal Sealers and Laterally Condensed Gutta-Percha." *Journal of Endodontics* 17 (10): 495–99. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81797-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81797-8).

Manhart, Mark J. 1982. "The Calcium Hydroxide Method of Endodontic Sealing." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 54 (2): 219–24. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(82\)90220-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(82)90220-1).

Marciano, Joseph, and Pierre M. Michalesco. 1989. "Dental Gutta-Percha: Chemical Composition, X-Ray Identification, Enthalpic Studies, and Clinical Implications." *Journal of Endodontics* 15 (4): 149–53. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(89\)80251-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(89)80251-1).

McComb, Dorothy, and Dennis C. Smith. 1976. "Comparison of Physical Properties of Polycarboxylate-Based and Conventional Root Canal Sealers." *Journal of Endodontics* 2 (8): 228–35. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(76\)80162-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(76)80162-8).

Morris, Michael F., Timothy C. Kirkpatrick, Richard E. Rutledge, and William G. Schindler. 2009. "Comparison of Nonsurgical Root Canal Treatment and Single-Tooth Implants." *Journal of Endodontics* 35 (10): 1325–30. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.07.003>.

Mutoh, Noriko, Takenori Satoh, Hirotaka Watabe, and Nobuyuki Tani-Ishii. 2013. "Evaluation of the Biocompatibility of Resin-Based Root Canal Sealers in Rat Periapical Tissue." *Dental Materials Journal* 32 (3): 413–19. <https://doi.org/10.4012/dmj.2012-218>.

Norman, Richard D., Ralph W. Phillips, Marjorie L. Swartz, and Theodore Frankiewicz. 1964. "The Effect of Particle Size on the Physical Properties of Zinc Oxide-Eugenol Mixtures." *Journal of Dental Research* 43 (2): 252–62. <https://doi.org/10.1177/00220345640430021301>.

ØRSTAVIK, D., H. M. ERIKSEN, and EVA M. BEYER-OLSEN. 1983. "Adhesive Properties and Leakage of Root Canal Sealers in Vitro." *International Endodontic Journal* 16 (2): 59–63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1983.tb01297.x>.

Picoli, F., A. Brugnera-Junior, P. C. Saquy, D. M.Z. Guerisoli, and Jesus D. Pecora. 2003. "Effect of Er:YAG Laser and EDTAC on the Adhesiveness to Dentine of Different Sealers Containing Calcium Hydroxide." *International Endodontic Journal* 36 (7): 472–75. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00660.x>.

"Please Note That the Text Of." 1999, 1999.

Ray, Herbert, and Samuel Seltzer. 1991. "A New Glass Ionomer Root Canal Sealer." *Journal of Endodontics* 17 (12): 598–603. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81832-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81832-7).

Resende, L. M., F. J.A. Rached-Junior, M. A. Versiani, A. E. Souza-Gabriel, C. E.S. Miranda, Y. T.C. Silva-Sousa, and M. D. Sousa Neto. 2009. "A Comparative Study of Physicochemical Properties of AH plus, Epiphany, and

Epiphany SE Root Canal Sealers.” *International Endodontic Journal* 42 (9): 785–93. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01584.x>.

Saleh, I. M., I. E. Ruyter, M. Haapasalo, and D. Ørstavik. 2002. “The Effects of Dentine Pretreatment on the Adhesion of Root-Canal Sealers.” *International Endodontic Journal* 35 (10): 859–66. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00585.x>.

———. 2004. “Survival of Enterococcus Faecalis in Infected Dentinal Tubules after Root Canal Filling with Different Root Canal Sealers in Vitro.” *International Endodontic Journal* 37 (3): 193–98. <https://doi.org/10.1111/j.0143-2885.2004.00785.x>.

Saleh, Iman M., I. Eystein Ruyter, Markus P. Haapasalo, and Dag Ørstavik. 2003. “Adhesion of Endodontic Sealers: Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Spectroscopy.” *Journal of Endodontics* 29 (9): 595–601. <https://doi.org/10.1097/00004770-200309000-00013>.

Salehrabi, Robert, and Ilan Rotstein. 2010. “Epidemiologic Evaluation of the Outcomes of Orthograde Endodontic Retreatment.” *Journal of Endodontics* 36 (5): 790–92. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.009>.

SAUNDERS, E. M., W. P. SAUNDERS, and M. Y.A. RASHID. 1991. “The Effect of Post Space Preparation on the Apical Seal of Root Fillings Using Chemically Adhesive Materials.” *International Endodontic Journal* 24 (2): 51–57. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1991.tb00807.x>.

Schäfer, Edgar, Nele Bering, and Sebastian Bürklein. 2013. “Selected Physicochemical Properties of AH Plus, EndoREZ and RealSeal SE Root Canal Sealers.” *Odontology* 103 (1): 61–65. <https://doi.org/10.1007/s10266-013-0137-y>.

Schilder, Herbert, and Ken M. Hargreaves. 2006. “Filling Root Canals in Three Dimensions.” *Journal of Endodontics* 32 (4): 281–90. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.007>.

Silva, E. J., R. Perez, R. M. Valentim, F. G. Belladonna, G. A. De-Deus, I. C. Lima, and A. A. Neves. 2017. "Dissolution, Dislocation and Dimensional Changes of Endodontic Sealers after a Solubility Challenge: A Micro-CT Approach." *International Endodontic Journal* 50 (4): 407–14. <https://doi.org/10.1111/iej.12636>.

Skinner, Robert L., and Van T. Himel. 1987. "The Sealing Ability of Injection-Molded Thermoplasticized Gutta-Percha with and without the Use of Sealers." *Journal of Endodontics* 13 (7): 315–17. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80112-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80112-7).

Tanomaru-Filho, Mário, Juliane Maria Guerreiro Tanomaru, Mario Roberto Leonardo, and Lea Assed Bezerra da Silva. 2009. "Periapical Repair after Root Canal Filling with Different Root Canal Sealers." *Brazilian Dental Journal* 20 (5): 389–95. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402009000500006>.

Tavares, Paula B.L., Eric Bonte, Tchilalo Boukpepsi, José F. Siqueira, and Jean Jacques Lasfargues. 2009. "Prevalence of Apical Periodontitis in Root Canal-Treated Teeth From an Urban French Population: Influence of the Quality of Root Canal Fillings and Coronal Restorations." *Journal of Endodontics* 35 (6): 810–13. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.048>.

Teixeira, Cleonice Silveira, Edson Alfredo, Luis Henrique De Camargo Thomé, Ricardo Gariba-Silva, Yara T. Correa Silva-Sousa, and Manoel Damião Sousa-Neto. 2009. "Adhesion of an Endodontic Sealer to Dentin and Gutta-Percha: Shear and Push-out Bond Strength Measurements and Sem Analysis." *Journal of Applied Oral Science* 17 (2): 129–35. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572009000200011>.

Torabinejad, Mahmoud, Maria Landaez, Marites Milan, Chun Xiao Sun, Jeffrey Henkin, Aladdin Al-Ardah, Mathew Kattadiyil, et al. 2015. "Tooth Retention through Endodontic Microsurgery or Tooth Replacement Using Single Implants: A Systematic Review of Treatment Outcomes." *Journal of Endodontics* 41 (1): 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.002>.

Tronstad, L., J. O. Andreasen, G. Hasselgren, L. Kristerson, and I. Riis. 1981. "PH Changes in Dental Tissues after Root Canal Filling with Calcium Hydroxide." *Journal of Endodontics* 7 (1): 17–21. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(81\)80262-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(81)80262-2).

Vahdati, Seyed Aliakbar, Mahmoud Torabinejad, Robert Handysides, and Jamie Lozada. 2019. "A Retrospective Comparison of Outcome in Patients Who Received Both Nonsurgical Root Canal Treatment and Single-Tooth Implants." *Journal of Endodontics* 45 (2): 99–103. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.10.018>.

Wang, Zhejun, Ya Shen, and Markus Haapasalo. 2014. "Dentin Extends the Antibacterial Effect of Endodontic Sealers against *Enterococcus Faecalis* Biofilms." *Journal of Endodontics* 40 (4): 505–8. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.042>.

Weiger, R., T. Heuchert, R. Hahn, and C. Löst. 1995. "Adhesion of a Glass Ionomer Cement to Human Radicular Dentine." *Dental Traumatology* 11 (5): 214–19. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1995.tb00491.x>.

Wennberg, A. 1989. "Adhesion of Root Canal Sealers to Bovine Dentine And," 13–19.