



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE ODONTOLÓGÍA**  
**DEPARTAMENTO DE ODONTOLÓGÍA CONSERVADORA**  
**ÁREA DE ENDODONCIA**  
**LABORATORIO DE PROPIEDADES MECÁNICAS**  
**FACULTAD CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

**“INFLUENCIA DEL USO DEL EDTA EN LA RESISTENCIA ADHESIVA  
DEL CEMENTO TOPSEAL® AL AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL Y  
BIODENTINE®. ESTUDIO EXPERIMENTAL *IN VITRO*”**

**Ana Claudia Dibarrart Guazzo**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**  
**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE**  
**CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

Prof. Dr. Mauricio Garrido Flores

**TUTORES ASOCIADOS**

Dra. Isabel Mardones Peñailillo  
Dra. Claudia Díaz Gálvez

**TUTORES EXPERTOS**

Prof. Rodrigo Espinoza Gonzáles  
Prof. Fernando Guzmán Olivos

**Adscrito a Proyecto PRI-ODO 01/016**

**Santiago - Chile**

**2016**





**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**  
**DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA CONSERVADORA**  
**ÁREA DE ENDODONCIA**  
**LABORATORIO DE PROPIEDADES MECÁNICAS**  
**FACULTAD CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

**“INFLUENCIA DEL USO DEL EDTA EN LA RESISTENCIA ADHESIVA  
DEL CEMENTO TOPSEAL® AL AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL Y  
BIODENTINE®. ESTUDIO EXPERIMENTAL *IN VITRO*”**

**Ana Claudia Dibarrart Guazzo**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**  
**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE**  
**CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

Prof. Dr. Mauricio Garrido Flores

**TUTORES ASOCIADOS**

Dra. Isabel Mardones Peñailillo  
Dra. Claudia Díaz Gálvez

**TUTORES EXPERTOS**

Prof. Rodrigo Espinoza Gonzáles  
Prof. Fernando Guzmán Olivos

**Adscrito a Proyecto PRI-ODO 01/016**

**Santiago – Chile**

**2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres por darme la posibilidad de estudiar y apoyarme en todo momento, sin ellos nada de esto hubiese sido posible.*

*A mis hermanas por soportarme en los momentos difíciles y levantarme siempre el ánimo.*

*A mis amigos que hicieron que el paso por la Universidad fuera feliz y que siempre estuvieron dispuestos a ayudarme. Un saludo especial a mi queridísima amiga Cota.*

*A Toshiro por su incondicionalidad en cada momento y el cariño con el que infinitas veces me ayudó y apoyó.*

*A mis tutores, Prof. Dr. Mauricio Garrido, Dra. Isabel Mardones y Dra. Claudia Díaz por darle vida a este proyecto.*

*A los profesores Rodrigo Espinoza y Fernando Guzmán por facilitar las instalaciones del laboratorio de propiedades mecánicas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.*

*Al PRI-ODO 01/016 por permitirme formar parte de él.*

*Y finalmente a la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile por ser mi casa estos últimos 6 años.*

## INDICE

Introducción	1
Marco teórico	
1. Generalidades	3
2. Cementos selladores	4
2.1 Topseal®	5
3. Materiales en base a silicatos cálcicos	5
3.1 Agregado de Trióxido Mineral	6
3.1 Biodentine®	8
4. Irrigación en Endodoncia	9
4.1 EDTA	10
5. Adhesión	12
5.1 Fallas Adhesivas	13
Hipótesis	16
Objetivos	16
Metodología	17
Resultados	22
Discusión	27
Conclusiones	31
Bibliografía	32

## RESUMEN

**Introducción:** El Agregado Trióxido Mineral (MTA) y el Biodentine® (BD®), materiales usados como tope apical o sellado de perforaciones, quedan en contacto con el cemento sellador endodóntico, al cual deben adherirse adecuadamente. Previo a su uso, se ocupan irrigantes como el Ácido Etilendiaminotetracético (EDTA), quelante que podría aumentar la adhesión del cemento sellador endodóntico al sustrato (MTA o BD®).

**Objetivo:** Determinar *in vitro* si el EDTA aumenta la resistencia adhesiva del cemento sellador endodóntico Topseal® al MTA y BD®.

**Material y Método:** Estudio experimental *in vitro*; surcos (n=40) fueron tallados en acrílico y rellenados con: Grupo 1: ProRoot® MTA; Grupo 2: BD®. La mitad de ellos fueron expuestos a EDTA por un minuto y lavados con suero. La otra mitad no se expusieron a EDTA. Luego, fueron cubiertos por Topseal®. El test de scratch permitió evaluar la resistencia adhesiva de la película de Topseal® al MTA y al BD® y el modo de falla adhesiva fue visualizado con microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido.

**Resultados:** El grupo BD® - Topseal® sin el uso de EDTA obtuvo la mayor resistencia adhesiva; seguido del grupo MTA-EDTA-Topseal®; luego el grupo MTA-Topseal® y finalmente el grupo BD®-EDTA-Topseal®. El grupo BD®-Topseal® mostró una mayor resistencia adhesiva que el grupo MTA-Topseal®, sin el uso del EDTA ( $p < 0,05$ ). El EDTA provocó una disminución, estadísticamente significativa, en la resistencia adhesiva del Topseal® al BD®, en cambio, no produjo tales diferencias en la resistencia adhesiva del Topseal® al MTA. El grupo MTA-Topseal® mostró una falla de tipo adhesiva. Al usar EDTA también se observaron fallas cohesivas. El BD® mostró falla cohesiva en ambos grupos de estudio.

**Conclusión:** El BD® muestra mayor resistencia adhesiva al Topseal® que el ProRoot® MTA. El EDTA al 17% no afecta la resistencia adhesiva del Topseal® al ProRoot® MTA mejorando su adhesión. El EDTA al 17% disminuye la resistencia adhesiva del Topseal® al BD®.

## INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento de endodoncia se logra a través de la eliminación completa de microorganismos, tejido pulpar inflamado y/o restos necróticos del sistema de canales radiculares (SCR) en conjunto con un correcto sellado tridimensional (Bystrom and Sundqvist 1981).

La obturación del canal radicular (OCR) es la fase final del tratamiento de endodoncia y se logra a través del sellado tridimensional del espacio canalicular, lo cual es esencial para prevenir infiltraciones y reinfecciones, manteniendo la salud de los tejidos periapicales, asegurando así el éxito del tratamiento. Este sellado se logra a través del uso de la gutapercha, que conforma el núcleo del relleno, y de un cemento sellador que se adhiere a las paredes dentinarias y rellena las discrepancias entre la gutapercha y el canal radicular (Lucena-Martin, Ferrer-Luque et al. 2002). Dentro de los cementos endodónticos que poseen mejores propiedades de sellado se encuentra el cemento Topseal® (Maillefer, Ballaigues, Switzerland), compuesto a base de resina epóxica.

Las investigaciones recientes sobre materiales endodónticos se han centrado en la llamada “Era biológica”. Estas investigaciones han puesto de manifiesto biomateriales que fomenten la regeneración y formación de dentina y hueso. Entre éstos, el Agregado de Trióxido Mineral (MTA), material compuesto a base de silicato tricálcico, ha sido recomendado para recubrimiento pulpar directo, pulpotomías, sellado de perforaciones y apexificación (Shayegan, Jurysta et al. 2012). Últimamente un nuevo material ha sido introducido como “sustituto dentinario”, cual es el Biodentine® (BD®) compuesto también en base a silicato tricálcico, indicado para los mismos usos que el MTA pero que al parecer tendría mejores propiedades biológicas y mecánicas (Malkondu, Karapinar Kazandag et al. 2014).

Cuando estos materiales en base a silicatos cálcicos (MTA o BD®) son usados como tope apical o como material de sellado de perforaciones, quedan en

contacto con el cemento sellador (Lee, Williams et al. 2002), que contribuiría a obliterar el espacio entre la gutapercha y el MTA y/o BD®, para lo cual se requiere que éste logre una buena adhesión al silicato y evite vías de filtración (Lucena-Martin, Ferrer-Luque et al. 2002).

Irrigantes como el hipoclorito de sodio (NaOCl) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) son necesarios para el tratamiento del canal previo a su obturación (Basrani and Haapasalo 2012). El EDTA es capaz de remover la porción mineralizada de la capa de barro dentinario. Al ser éste un captador de iones de calcio podría influir en las propiedades del MTA y/o BD®, alterando sus propiedades físicas y/o su comportamiento frente al medio (Nagas, Cehreli et al. 2014).

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este estudio experimental *in vitro*, es determinar el efecto del uso del EDTA en la resistencia adhesiva del cemento Topseal® al MTA y BD®.

## MARCO TEÓRICO

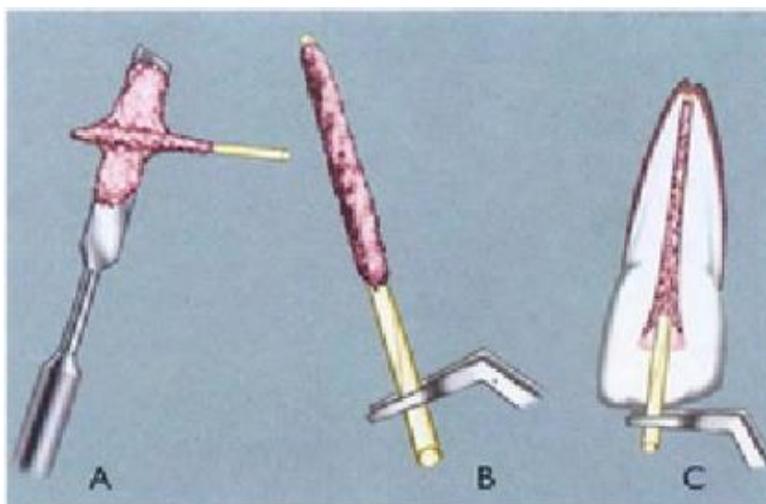
### 1. GENERALIDADES

La endodoncia es el área de la odontología que estudia la morfología de la cavidad pulpar, la prevención y tratamiento de las enfermedades pulpares y de sus repercusiones sobre los tejidos periapicales, con el objetivo de conservar los dientes afectados en boca. El tratamiento del SCR consta de varias etapas, entre las que se encuentran el acceso al canal/es radicular/es, su preparación quimiomecánica, la medicación intracanal entre sesiones, si procede, y finalmente la OCR (Soares and Goldberg 2002).

La OCR en endodoncia corresponde al sellado tridimensional del SCR con el objetivo de lograr su obliteración completa con un material estable y no tóxico, así como la creación de un sellado que prevenga la infiltración de fluidos tisulares, microorganismos y sus productos hacia el interior del diente tratado. Un relleno insuficiente del canal deja espacios que son vías de infiltración, favoreciendo una reinfección (Jarrett, Marx et al. 2004). Estudios transversales han demostrado una fuerte asociación entre radiolucidez apical y relleno inadecuado del SCR, donde la frecuencia de lesiones apicales en dientes con tratamientos de endodoncia varía entre un 39% y un 64% (Gunduz, Avsever et al. 2011). Esta discrepancia en las tasas de éxito evidencia que la calidad del tratamiento de canal es un factor clave para el pronóstico del diente. Así, es fundamental elegir los materiales de obturación que tengan adecuada adhesión para que este sellado sea lo más uniforme y hermético posible (Siqueira and Rocas 2008).

Un sellado apical ideal evita la entrada de irritantes residuales en la región periapical y la filtración de fluidos del tejido periapical al SCR. Los materiales de OCR deben poseer propiedades tales como bio-compatibilidad, estabilidad dimensional, radiopacidad, antibacterianos, fácil manejo, adecuada resistencia a la compresión, ser osteoinductivos y osteoconductivos y adhesión a las paredes del canal. (Soundappan, Sundaramurthy et al. 2014).

A través de los años, se han ido desarrollando distintos materiales y técnicas para rellenar el SCR, llegando actualmente a usarse, para el relleno ortógrado, una combinación de gutapercha más un cemento sellador que permite obliterar la interfase de la gutapercha entre sí y entre ésta y las paredes dentinarias (Parirokh and Torabinejad 2010) **(Figura 1)**.



**Figura 1:** Esquema de obturación del canal radicular. El cemento es quién rellena la interfase entre el cono de gutapercha y las paredes del canal, logrando adherirse a las paredes dentinarias (Soares and Goldberg 2002).

## 2. CEMENTOS SELLADORES

Existen muchos tipos de cementos selladores agrupándose según su composición en cementos en base a óxido de zinc – eugenol, hidróxido de calcio, vidrio ionómero y resinas plásticas (Lucena-Martin, Ferrer-Luque et al. 2002).

En cuanto a los cementos endodónticos que poseen mejores propiedades de sellado apical, se encuentra el Topseal®, compuesto a base de resina epóxica (Monardes, Abarca et al. 2014). Un estudio realizado por Kwang – Won Lee et.al comparó la fuerza adhesiva de cuatro tipos de cementos selladores endodónticos: uno en base a óxido de zinc eugenol, otro en base a hidróxido de calcio, otro en base a vidrio iónomero y otro en base a resina epóxica a la dentina y a la

gutapercha. Dicho estudio demostró que el cemento con mayores niveles de adhesión tanto a la dentina como a la gutapercha fue el de resina epóxica, componente principal del cemento Topseal® (Lee, Williams et al. 2002).

## **2.1 Topseal®**

El cemento Topseal® (Maillefer, Ballaigues, Switzerland) es un cemento de obturación permanente, químicamente inerte después de su fraguado. Tiene una baja solubilidad lo que proporciona un buen sellado apical y presenta buena biocompatibilidad. Su presentación es pasta – pasta, preparándose en una proporción 1:1, y tiene un tiempo de fraguado total de 8 horas. Además, posee buena fluidez, es de fácil manejo, tiene suficiente tiempo de trabajo y una actividad antimicrobiana prominente. Como la mayoría de los cementos selladores, tiene alta toxicidad inicial, sin embargo, esta toxicidad disminuye durante su fraguado y después de 24 horas tiene una de las toxicidades más bajas de los selladores endodónticos (Razmi, Ashofteh Yazdi et al. 2008).

Los cementos en base a resina son capaces de penetrar los túbulos dentinarios y adherirse a la superficie de dentina expuesta. Se obtiene una mejor adherencia cuando aumenta el área de la superficie dentinaria a través de protocolos de irrigación. Existen irrigantes que causan erosión de la dentina creando una superficie grabada y porosa que mejora la adhesión como es el caso del EDTA. Se ha visto que el Topseal® logra una mejor adhesión a la dentina cuando ésta ha sido previamente irrigada con EDTA al 17% (Farhad, Barekatin et al. 2008).

## **3. MATERIALES EN BASE A SILICATOS CÁLCICOS.**

Últimamente materiales basados en silicatos cálcicos, tales como el MTA y el BD® han sido usados para el relleno retrógrado el cual se requiere a veces tras la cirugía apical (Parirokh and Torabinejad 2010). Estos silicatos cálcicos también son usados como recubrimiento pulpar, tope apical en dientes con ápice abierto y

para el sellado de perforaciones (Parirokh and Torabinejad 2010). Se estima que de los 24 millones de procedimientos de endodoncia que se realizan anualmente, hasta un 5,5% de ellos implican cirugía apical, reparación de perforaciones y tratamientos de apexificación, usando este tipo de materiales (Roberts, Toth et al. 2008).

Cuando materiales en base a silicatos cálcicos son usados como tope apical en dientes con ápice abierto o como material de sellado de perforaciones, quedan en contacto con el cemento sellador más la gutapercha que rellenará el resto del canal tratado. En este caso, el cemento sellador contribuiría a obliterar el espacio entre la gutapercha y el MTA y/o BD®, para lo cual se requiere que ese cemento logre una buena adhesión al silicato y evite vías de filtración, (Lucena-Martin, Ferrer-Luque et al. 2002) puesto que es el cemento el que proporcionaría el sellado y no la gutapercha (Jarrett, Marx et al. 2004).

Entre los diversos materiales usados como tope apical, el MTA ha mostrado una buena capacidad de sellado y biocompatibilidad en estudios anteriores *in vitro* e *in vivo*. En los últimos años, nuevos materiales como el BD®, se han introducido con el objetivo de superar algunos de los inconvenientes del MTA, tales como las dificultades de manipulación y el largo tiempo de fraguado (Soundappan, Sundaramurthy et al. 2014).

### **3.1 MTA**

El MTA es un biomaterial que ha sido investigado desde la década de los 90 para aplicaciones endodónticas, tales como recubrimiento pulpar, pulpotomía, formación de barrera apical en dientes con ápices abiertos, reparación de perforaciones radiculares, y obturación del SCR. Además, favorece la formación de hueso y cemento, y puede facilitar la regeneración del ligamento periodontal sin provocar inflamación (Parirokh and Torabinejad 2010).

El MTA se comercializa actualmente en dos formas: el MTA gris (GMTA) y el MTA blanco (WMTA). El GMTA fue el primero en aparecer pero producto de su potencial decoloramiento fue creado el WMTA. Las investigaciones mostraron que la cantidad de aluminio y magnesio son menores en el WMTA que en el GMTA. Además los cristales de GMTA son 8 veces más grandes que los de WMTA (Parirokh and Torabinejad 2010).

El polvo está compuesto por silicato tricálcico, dicálcico, óxido de bismuto y gypsum. El óxido de bismuto es quien le otorga la radio opacidad (Camilleri, Montesin et al. 2005). Este cemento se prepara mezclando el polvo con agua estéril en una proporción 3:1 (polvo: líquido) (Coomaraswamy, Lumley et al. 2007), ya que, la hidratación del polvo provoca la formación de un gel coloidal que solidifica en una estructura dura. Su tiempo de fraguado es de  $165 \pm 5$  minutos. El pH del MTA es 10.2 después de su mezcla, este valor se eleva a 12,5 en 3 horas debido a la constante liberación de calcio del MTA y a la formación de hidróxido de calcio (Parirokh and Torabinejad 2010).

Su resistencia compresiva es de 41 MPa luego de 24 horas y aumenta hasta 76.8 MPa en presencia de humedad 28 días después de fraguado, lo que hace necesario dejar de una sesión a otra una motita o punta de papel húmeda en contacto con el MTA para mejorar sus propiedades (Torabinejad, Hong et al. 1995). Su resistencia compresiva es baja en comparación a los valores reportados para la dentina humana ( $297 \pm 24$  MPa) (Butt, Talwar et al. 2014). Esto, junto con su difícil manipulación y su largo tiempo de fraguado son sus principales desventajas clínicas (Kogan, He et al. 2006).

En cuanto a sus propiedades antibacterianas la literatura muestra que su actividad antimicrobiana se relaciona con la liberación de iones hidroxilo, aumentando el pH lo que crea un medio ambiente desfavorable para las bacterias (Santos, Moraes et al. 2005).

En base a la información se concluye que el MTA es un material bioactivo, biocompatible y tiene la capacidad de crear un ambiente ideal para recuperar la salud de los tejidos periapicales. Desde que entra en contacto con el tejido humano forma hidróxido de calcio que libera iones de calcio que permiten la fijación y proliferación celular, a su vez crea un ambiente antibacteriano por su pH alcalino, promueve la proliferación y diferenciación de células productoras de tejidos duros y forma apatita carbonatada en su superficie lo que otorga un sellado biológico (Parirokh and Torabinejad 2010).

### **3.1 BIODENTINE®**

El BD® (Septodont, Saint Maur des Fosses, Francia) es un material relativamente nuevo, introducido como un “sustituto dentinario”. Dentro de sus indicaciones, puede ser utilizado en recubrimientos pulpares, pulpotomías, apexificación, sellado de perforaciones, obturación de reabsorciones internas/externas y material de relleno apical (Malkondu, Karapinar Kazandag et al. 2014).

Se presenta en formato de cápsula monodosis. El polvo está compuesto por silicato tricálcico y silicato dicálcico quienes forman el núcleo principal, carbonato de calcio que actúa como sitio de nucleación mejorando la microestructura, óxido de hierro y óxido de zirconio que le otorga la radioopacidad. El líquido contiene cloruro de calcio como acelerador y un polímero hidrosoluble que sirve como agente reductor de agua. Su tiempo de fraguado es entre 9 y 12 minutos (Malkondu, Karapinar Kazandag et al. 2014).

Después de su mezcla, las partículas de silicato de calcio reaccionan con agua formando una solución de alto pH. Con el tiempo se forma una red sólida y se libera hidróxido de calcio lo que aumenta la alcalinidad del medio. Los fluidos corporales tienen iones fosfato que interactúan con el silicato de calcio y conducen a la formación de depósitos de apatita que provocan el sellado del material (Butt, Talwar et al. 2014).

Tiene una resistencia compresiva de 170 MPa a las 24 horas de fraguado, la cual aumenta a 304 MPa luego de 28 días en presencia de humedad, valor similar a la resistencia compresiva reportada en dentina humana (  $297 \pm 24$  MPa) (Butt, Talwar et al. 2014).

Sus principales ventajas con respecto al MTA son su reducido tiempo de fraguado, fácil manipulación y mejores propiedades mecánicas (Santos, Moraes et al. 2005); en efecto, tiene mejor capacidad de sellado, resistencias compresivas más altas, mejor biocompatibilidad, bioactividad y biomineralización, mejores propiedades antibacterianas y menor efecto citotóxico (Laurent, Camps et al. 2012, Shayegan, Jurysta et al. 2012, Koubi, Colon et al. 2013).

Es importante mencionar que los materiales de reparación de perforaciones como son el MTA y el BD® sellan la dentina ya sea por unión química o por retención mecánica. Los químicos usados como irrigantes podrían provocar reacciones que degraden el material causando pérdida del sellado o, por el contrario, provocar cambios micromecánicos en la superficie del cemento que pudiesen mejorar la adhesión (Loxley, Liewehr et al. 2003).

#### **4. IRRIGACION EN ENDODONCIA**

Un tratamiento de endodoncia exitoso depende del desbridamiento profundo del tejido pulpar, dentina contaminada y eliminación de los microorganismos. Erradicar la infección intrarradicular, solamente a través de la instrumentación mecánica, no es posible, por lo tanto, se requiere la desinfección química con la ayuda de irrigantes (Basrani and Haapasalo 2012). Los objetivos de la irrigación en endodoncia, por tanto, son mecánicos, químicos y biológicos. Los objetivos mecánicos y químicos consisten en lubricar el canal, disolver el tejido orgánico e inorgánico y prevenir la formación de barro dentinario durante la instrumentación o disolverla si se ha formado. La función biológica se relaciona con el efecto antimicrobiano, fundamental en el control de la infección en endodoncia (Haapasalo, Qian et al. 2012).

Dentro de los irrigantes más usados, se encuentran el NaOCl y el EDTA.

Por otra parte, cuando un instrumento endodóntico lima la pared dentinaria del canal radicular desprende dentina mineralizada y a veces pre dentina, formando el barro dentinario, que además, está compuesto por restos de tejido pulpar, bacterias y biofilm. Éste corresponde a una capa amorfa de 0,5 a 2  $\mu\text{m}$  de grosor que puede bloquear la abertura de los túbulos dentinarios. Esta capa debe ser eliminada porque puede contener células microbianas, debilita los efectos de los agentes desinfectantes en la dentina y afecta la calidad de unión de los materiales de relleno y sellado de la OCR (Haapasalo, Qian et al. 2012).

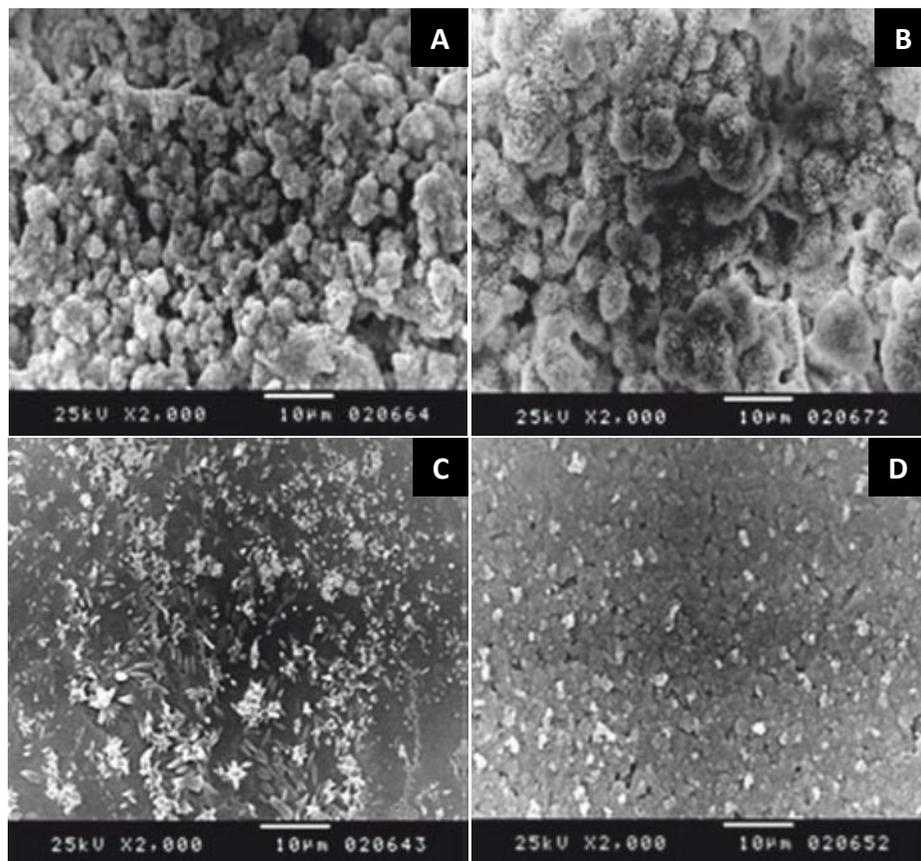
#### **4.1 Ácido Etilendiaminotetracético (EDTA)**

El EDTA es un irrigante incoloro y soluble en agua, capaz de quelar y remover la porción mineralizada de la capa de barro dentinario. Es aplicado en forma líquida a través de una solución usada normalmente al 17% (Basrani and Haapasalo 2012). Tiene 6 potenciales sitios (4 grupos carboxilos y 2 grupos aminos) que son capaces de unirse a metales como el calcio formando un complejo Ca-EDTA. Este complejo es muy estable ya que el ion de calcio se encuentra rodeado y aislado por el irrigante (Lee, Lin et al. 2007). Tiene la capacidad de secuestrar los cationes metálicos como  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  quienes permanecen en solución, pero con disminuida reactividad. Su capacidad de descalcificación es autolimitada, ya que el quelante se agota. Posee baja toxicidad y provoca desmineralización de la dentina de 20 a 50  $\mu\text{m}$  de profundidad. Es capaz de remover la capa de barro dentinario en menos de un minuto una vez en contacto con la pared del canal. Además, contribuye a la eliminación de las bacterias al interior del canal, ya que, es capaz de desprender el biofilm adherido a la pared dentinaria (Basrani and Haapasalo 2012).

Se ha demostrado que el EDTA inhibe la hidratación del MTA quelando los iones calcio liberados del complejo de silicato tricalcico, principal componente del MTA, disminuyendo así sus propiedades físicas. Esto fue observado cuando el

MTA entró en contacto con el EDTA durante su fraguado inicial (Lee, Lin et al. 2007). Además, el EDTA al disolver rápidamente la capa de barro dentinario podría interferir en la adhesión entre los materiales de reparación y la dentina y descomponer la unión entre las partículas durante la fase de hidratación de materiales como el MTA disminuyendo la fuerza y propiedades de sellado (Al-Zubaidi and Abdul 2014).

Existen pocos estudios sobre los cambios superficiales que provoca el EDTA en estos materiales de reparación. Elnaghy observó que cuando el MTA fue tratado con EDTA al 17% aparecieron estructuras cristalinas globulares y hubo formación de microcanales. En el caso del BD® se observó la aparición de áreas negras interpretadas como poros (Elnaghy 2014) (**Figura 2**).



**Figura 2.** A: Microestructura del MTA. B: Microestructura del MTA expuesto al EDTA al 17%. Aparición de microcanales. C: Microestructura del BD®. D: Microestructura del BD® expuesto al EDTA al 17%. Aparición de áreas negras interpretadas como poros. La superficie se alisa (Elnaghy 2014).

Al ser el EDTA un captador de iones calcio, usado para remover el barro dentinario previo a la obturación del SCR, podría afectar las propiedades del MTA y/o BD® con su acción quelante, sin embargo, no alteraría la resistencia adhesiva de estos materiales a la dentina (Nagas, Cehreli et al. 2014).

## 5. ADHESIÓN

Corresponde a la unión entre dos superficies diferentes. Los elementos que interactúan en adhesión se denominan “sustrato adherente”, “adhesivo” e “interfase”. El conjunto de estos elementos se denomina “unión adhesiva” (Marshall, Bayne et al. 2010).

La adhesión, por lo tanto, es la fuerza que permite mantener dos superficies en contacto y que se opone a la separación de éstas. La adhesión puede ser física o química (Astorga, Bader et al. 2004).

La adhesión física es aquella que se produce mediante el contacto íntimo entre dos superficies, donde existe contacto entre las irregularidades o generación de tensiones entre las superficies. Ésta se puede clasificar en adhesión macromecánica o micromecánica (Danty 2011).

Esta adhesión física además, es determinada tanto por efectos geométricos que son los que se relacionan con las irregularidades que existen en la superficie de los materiales y que permiten la trabazón mecánica y por los cambios dimensionales de la superficie que generan tensiones por contracción o expansión (Danty 2011).

La adhesión química es aquella en que se generan fuerzas o enlaces químicos entre las superficies basadas en la interacción entre los átomos y moléculas de sus componentes. Esta adhesión química puede ser mediante fuerzas de Valencia primarias entre átomos o fuerzas de Valencia secundarias entre moléculas (Benaldo 2005).

Para lograr una adecuada adhesión, tanto física como química, los elementos a adherir deben cumplir ciertos requisitos, entre los cuales se encuentran la adaptación, energía superficial, humectación y ángulo de contacto (Astorga, Bader et al. 2004).

## **5.1 FALLAS ADHESIVAS**

Las fallas adhesivas son la forma como se separan dos sustratos adheridos frente a una determinada fuerza. Existen 3 tipos de fallas adhesivas (ST30 Low Cost Scratch Tester Specification and User Guide. 2013):

- Falla adhesiva: separación entre un sustrato y otro. Por ejemplo separación entre el Topseal® y el MTA o el BD®.
- Falla cohesiva: separación dentro del mismo sustrato. Por ejemplo falla dentro del Topseal®.
- Falla mixta: conjunto de ambas.

Se ha estudiado la resistencia adhesiva del BD® y el MTA a la dentina, mostrando una alta fuerza de unión:  $7.54 \pm 1.11$  y  $7.64 \pm 1.08$  MPa para el MTA y el BD®, respectivamente (El-Ma'aita, Qualtrough et al. 2013) y también a diferentes sistemas adhesivos restauradores con resultados clínicos óptimos. Sin embargo, no se han reportado investigaciones acerca de la unión del MTA y BD® a los cementos selladores endodónticos (Loxley, Liewehr et al. 2003, Odabas, Bani et al. 2013, Cantekin and Avci 2014) y tampoco si ésta es afectada por el uso del EDTA.

Por lo anterior, en este trabajo se propone evaluar si el contacto del BD® y MTA con la solución de EDTA alteraría esta adhesión a los cementos selladores. Para lograr este objetivo, se ocupará la técnica de rasgado (o test de scratch, por su nombre en inglés).

Este proyecto busca ser un estudio pionero en la evaluación de la adhesión entre un cemento sellador endodóntico (Topseal®) y dos cementos en base a silicatos cálcicos usados como tope apical en dientes con ápice abierto y sellado de perforaciones (MTA y BD®), puesto que no hay investigaciones al respecto. Además, es fundamental conocer si el EDTA, irrigante usado al final del tratamiento para eliminar el barro dentinario, afecta en forma positiva o negativa la adhesión entre el cemento sellador y el MTA y el BD®.

Debido a que el sellado debiese ser lo más hermético posible, es fundamental conocer a cuál de estos dos cementos en base a silicatos cálcicos se

una mejor el cemento sellador, lo que ayudaría a evitar posibles microfiltraciones que provoquen el fracaso del tratamiento endodóntico.

## HIPÓTESIS

El uso de Ácido Etilendiaminotetracético aumenta la resistencia adhesiva entre el Topseal® y los cementos de ProRoot® MTA y Biodentine®.

## OBJETIVO GENERAL

Determinar *in vitro* si el EDTA aumenta la resistencia adhesiva entre el Topseal® y los cementos de ProRoot® MTA y BD®.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar y comparar *in vitro* la resistencia adhesiva del Topseal ® al ProRoot® MTA, con y sin el uso de EDTA.
- Determinar y comparar *in vitro* la resistencia adhesiva del Topseal ® al BD®, con y sin el uso de EDTA.
- Comparar las resistencias adhesivas entre el Topseal® y los cementos BD® y ProRoot® MTA.
- Determinar el tipo de falla adhesiva en ambos grupos de estudio.

## METODOLOGÍA

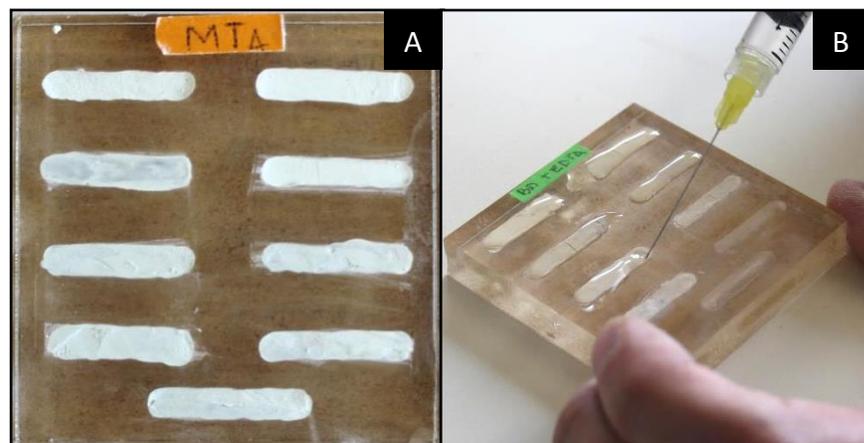
La preparación y el análisis de las muestras de este estudio experimental *in vitro* se realizó en el Laboratorio de Propiedades Mecánicas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile a una temperatura constante de 24°C.

### a) Preparación de probetas de ensayo.

Se utilizaron 5 bloques cuadrados de acrílico de 60 mm de lado y 10 mm de grosor, donde se confeccionaron en total 40 surcos de 20 mm de largo, 4 mm de ancho y 2 mm de profundidad; luego se definieron dos grupos:

**Grupo 1:** 20 surcos fueron rellenos con MTA (ProRoot MTA, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa,OK, USA) preparado según las indicaciones del fabricante. Se preparó mezclando el polvo con el líquido en una loseta estéril durante un minuto, asegurando que todas las partículas de polvo queden hidratadas; al terminar de colocarlo en el surco se dejó una motita de algodón húmedo durante 4 horas

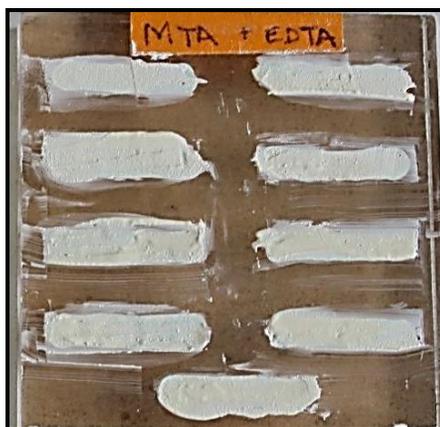
Luego fueron almacenados a 37°C bajo condiciones de humedad durante 4 horas, que es el tiempo de fraguado del MTA. Luego, 10 de estos surcos con MTA fueron expuestos a una solución irrigadora de EDTA al 17% durante 60 segundos y después fueron lavados con 10 ml de suero fisiológico (**Figura 4**).



**Figura 4:** A: Surcos rellenos con MTA. B: Irrigación con EDTA por 1 minuto.

**Grupo 2:** 20 surcos fueron rellenos con BD® (Septodont, Saint Maur des Fosses, Francia) preparado según las indicaciones del fabricante. Se preparó colocando 5 gotas del líquido dentro de la cápsula que contenía el polvo. Luego, se llevó la cápsula al amalgamador de 4000 oscilaciones por minuto durante 30 segundos y luego se rellenaron los surcos y se esperó su fraguado. Fueron almacenados a 37°C durante 15 minutos, que es el tiempo de fraguado del BD®. Luego 10 de estos surcos con BD® fueron expuestos a una solución de EDTA al 17% durante 60 segundos y después fueron lavados con 10 ml de suero fisiológico.

Una vez fraguados los materiales, fueron cubiertos por una película de cemento sellador endodóntico Topseal® (Maillefer, Ballaigues, Suiza) que se preparó mezclando en proporción 1:1 base con catalizador, según lo indicado por el fabricante, y se esperó 8 horas para que éste fraguara completamente (**Figura 5**).

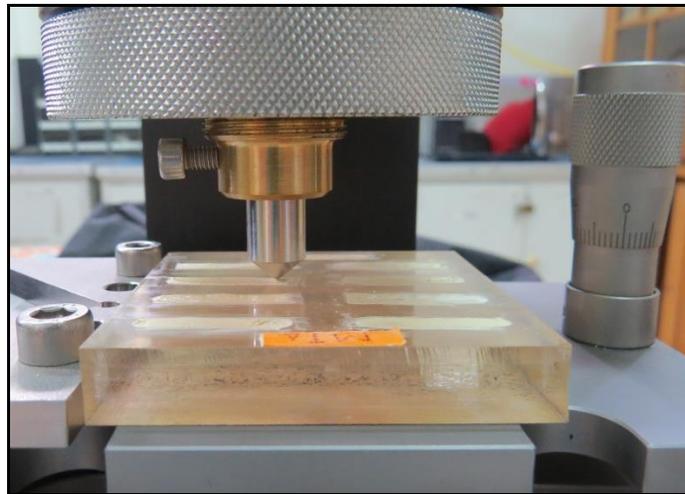


**Figura 5:** Película de Topseal® sobre surcos con MTA.

Se determinó el tamaño muestral según publicaciones previas que estudian resistencia adhesiva del Topseal® a la superficie dentinaria, en los cuales usan mínimo 10 mediciones (n=10) (Lee, Williams et al. 2002, Barbizam, Trope et al. 2011, Alsubait, Hashem et al. 2014, Nagas, Cehreli et al. 2014, Tuncel, Nagas et al. 2015). Así, nuestro estudio tuvo validez externa al usar un tamaño de muestra similar.

b) Test de rayado o scratch.

Se utilizó la máquina Teer Coatings, (TEER ST30) (California, USA) para realizar el test de rayado o scratch. Este test aplica una fuerza de cizallamiento sobre la película de material cuya resistencia se quiere estudiar (Topseal®), adherida al sustrato respectivo (ProRoot® MTA o BD®). La resistencia adhesiva es la variable de desenlace primaria y su medida es en Newton (N). La fuerza se aplica de forma puntual e incremental a través de un indentador (**Figura 6**), el que induce un rayado con una fuerza conocida, permitiendo evaluar cuál es la fuerza necesaria para romper la película sobre diferentes sustratos y, cuál es el tipo de modo de fractura o falla adhesiva que se produce. La técnica se aplica por medio de una máquina automatizada, lo que permite un ensayo reproducible y bajo condiciones controladas. La velocidad de la máquina fue la misma para todas las muestras, con un valor de 10 N/mm.



**Figura 6:** Test de scratch.

En este caso, las pruebas se hicieron sobre las películas de Topseal® aplicado sobre BD® o ProRoot® MTA, que permitió medir, comparativa y cuantitativamente la carga o fuerza a la cual se rompe la película de Topseal®, expresada en Newton, y así comparar la adherencia entre esta película y los sustratos (ProRoot® MTA y BD®). La resistencia adhesiva y el modo de fractura o falla adhesiva del Topseal®, fueron por tanto, variables dependientes, y el ProRoot® MTA con el BD® y el EDTA fueron las variables independientes. Los valores obtenidos en N representan un valor indirecto de presión, ya que al usar el

test de scratch, la fuerza no puede ser transformada a una medida de presión de manera absoluta, porque ésta se aplica a través de un movimiento combinado vertical y horizontal. Debido a esto, las medidas no fueron transformadas a Megapascales (Unidad de Medida Internacional).

Asimismo, el test de scratch permitió determinar cualitativamente el tipo de modo de fractura o falla adhesiva, definida ésta como la forma en que se separan los dos sustratos adheridos, pudiendo identificarse como:

- a) Falla Adhesiva: falla entre el sustrato (ProRoot® MTA o BD®) y el Topseal®.
- b) Falla Cohesiva: falla dentro del Topseal®.
- c) Falla Mixta: falla en ambos materiales.

La observación del modo de fractura se realizó con un microscopio óptico XDS-3 MET (Optika microscopes, Italy) con 5X de magnificación en la facultad de de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Además las muestras fueron visualizadas en el microscopio electrónico de barrido (Análisis MEB) (Jeol JSM IT300LV) de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile, equipado con Espectroscopía de dispersión de rayos X (EDX) (PentaFET Precision, Oxford Instrument) con software Aztec® para el análisis elemental de las muestras en los casos donde hubiese dudas en cuanto a la imagen. El EDX permitió analizar la composición de los materiales observados y diferenciar unos de otros.

- c) Análisis Estadístico.

El análisis estadístico comprendió las siguientes pruebas, con la ayuda del software IBM® SPSS® Statistics 20:

1. Análisis de la distribución de los datos (medidas de las resistencias adhesivas encontradas) mediante el test de “Shapiro-Wilk” debido a que el

número de muestras fue 40 (Menos de 50 muestras indican el uso de este test)

2. Aplicación de Prueba T para muestras independientes para comparar la resistencia adhesiva entre el Topseal® y el ProRoot® MTA, y el Topseal® y BD® con y sin el uso del EDTA, ya que, existió distribución normal de los grupos de estudio. Además, la variable independiente fue nominal (presencia o ausencia de EDTA) y la variable dependiente (resistencia adhesiva) fueron valores numéricos justificándose el uso del test.
3. Aplicación del Test Chi – Cuadrado para la evaluación de los tipos de fallas adhesivas.

Se consideró una significación estadística cuando  $p < 0,05$ . Los resultados se presentan en fotos, tablas y gráficos.

## RESULTADOS

### A) RESISTENCIA ADHESIVA

Los valores de resistencia adhesiva obtenidos fueron tabulados y expresados en Newton tal como se ilustra en la **Tabla N°1**, donde la distribución de los datos fue paramétrica ( $p < 0,05$ ).

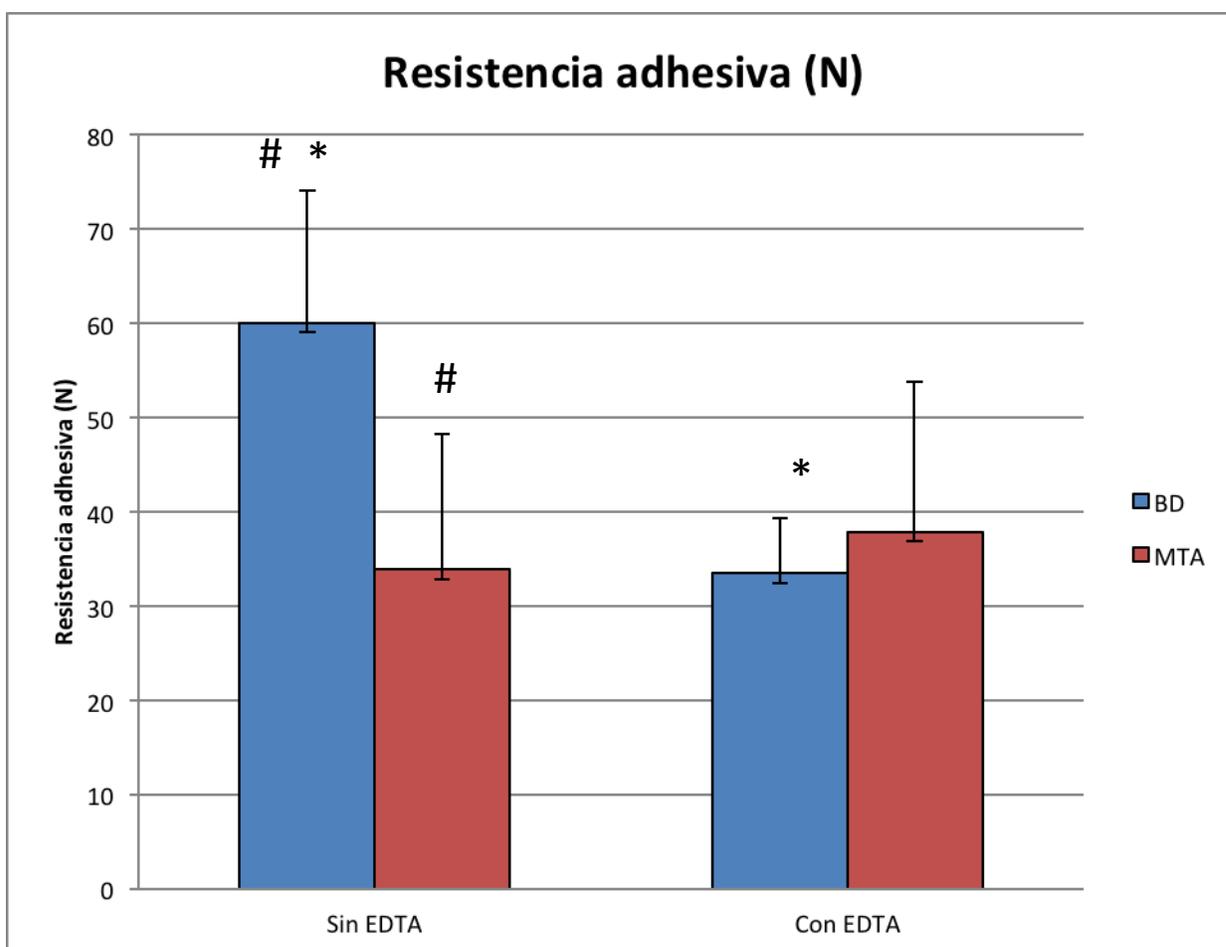
**Tabla n°1: Valores de resistencia adhesiva expresados en Newton en la cual se observaron los primeros signos de falla.**

Resistencia adhesiva (N/mm)				
Muestra	MTA- Topseal®	MTA – EDTA- Topseal®	BD®- Topseal®	BD® – EDTA- Topseal®
1	32,3	46	75,5	40,5
2	52,6	41	55,5	30,5
3	17,3	66	35,5	35,5
4	17,6	51	75,5	30,5
5	42,2	46	75,5	35,5
6	47,1	21	40,5	35
7	17,3	16	60,5	20,5
8	51,9	41	60,5	35,5
9	22,8	19	55,5	40,5
10	37,3	31	65,5	30,5

Los resultados indican que el grupo BD® - Topseal® sin el uso de EDTA obtuvo la mayor resistencia adhesiva (60 +/- 14,03 N); le siguió el grupo MTA-EDTA-Topseal® (37,8 +/- 15,92 N); luego el grupo MTA-Topseal® (33,48 +/- 14,41 N) y, finalmente el grupo que mostró la menor resistencia adhesiva fue el grupo BD®-EDTA-Topseal® (33,45 +/- 5,85 N) (**Tabla n°2**). El grupo BD®-Topseal® mostró una mayor resistencia adhesiva que el grupo MTA-Topseal®, sin el uso del EDTA ( $p < 0,05$ ). Por otra parte, el uso del EDTA provocó una disminución, estadísticamente significativa, en la resistencia adhesiva del Topseal® al BD®, en cambio, no produjo tales diferencias en la resistencia adhesiva del Topseal® al MTA (**Figura 7**).

Tabla n°2: Valores estadísticos

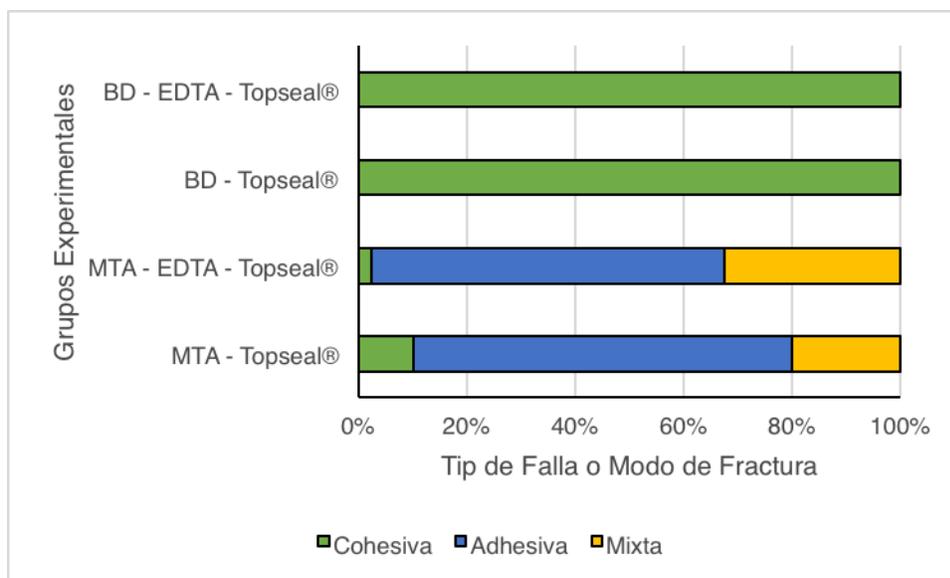
Valores estadísticos						
Grupo experimental	Grupo			Grupo		
	MTA-Topseal®	Media	33,84	BD®-Topseal®	Media	60
		Desviación estándar	14,41		Desviación estándar	14,033
	MTA-EDTA-Topseal®	Media	37,8	BD®-EDTA-Topseal®	Media	33,45
		Desviación estándar	15,92		Desviación estándar	5,852



**Figura 7:** Gráfico que muestra las resistencias adhesivas de los grupos experimentales. El # muestra la existencia de significación estadística entre los materiales sin el uso de EDTA y el \* muestra la existencia de significación estadística entre los mismos materiales al usar EDTA.

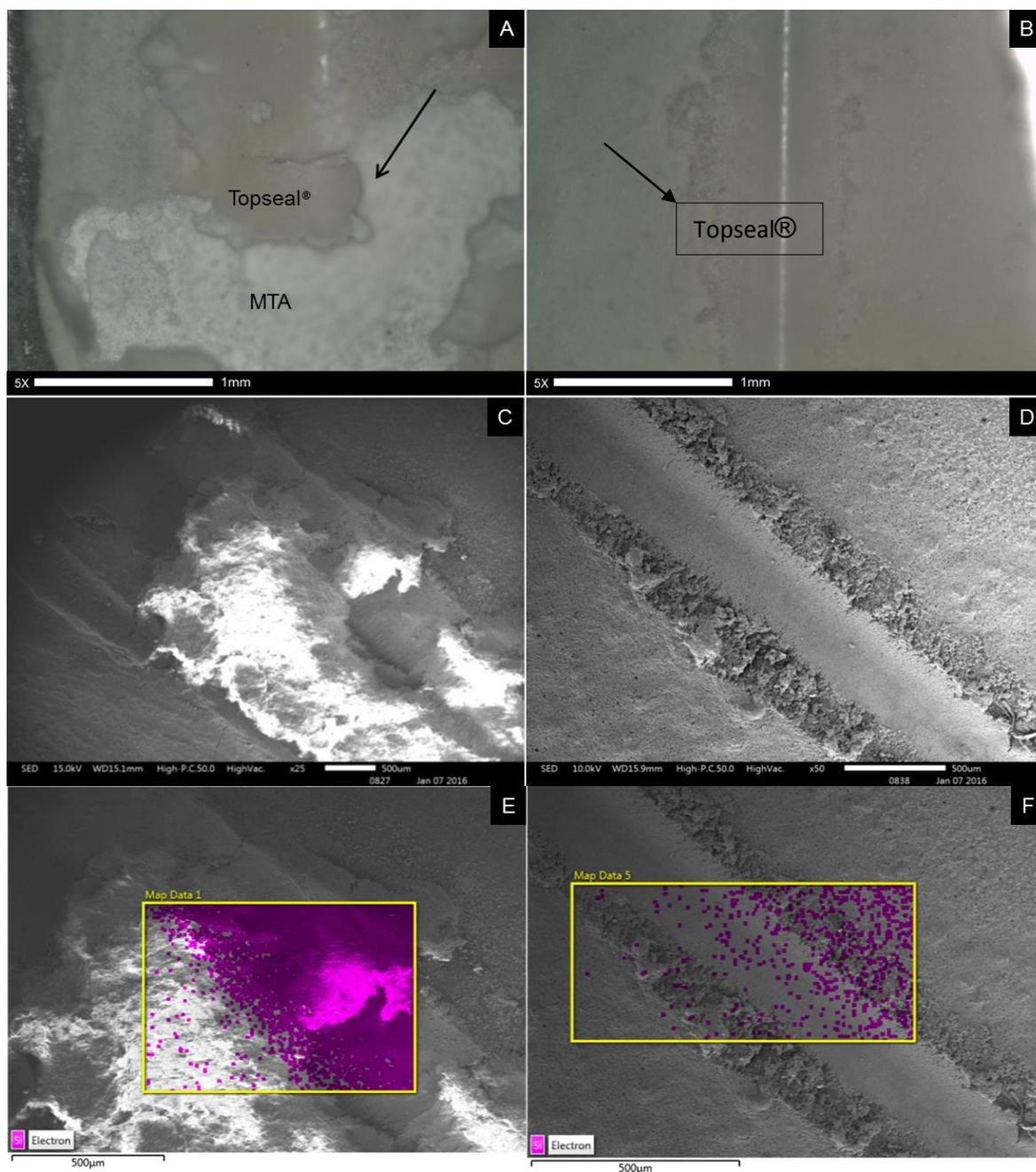
## B) TIPOS DE FALLAS ADHESIVAS

En la unión entre el Topseal® y el MTA, se encontró mayoritariamente una falla de tipo adhesiva, cuando no fue expuesto al EDTA. Cuando este irrigante fue usado, el patrón de modo de fractura cambió a tipo cohesivo. En cambio, en la unión entre el Topseal® y el BD®, hubo siempre falla cohesiva, independiente del uso del EDTA (**Figura 8**).



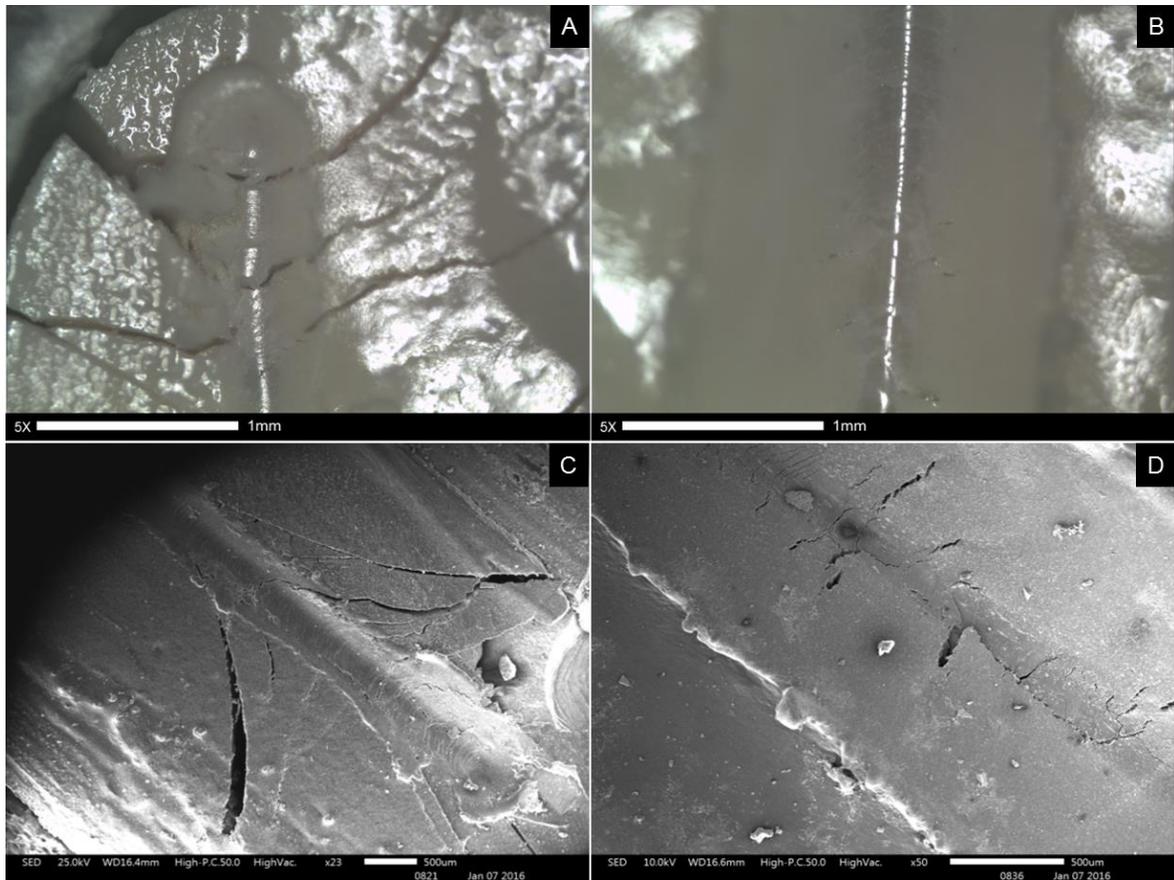
**Figura 8:** Gráfico que muestra la distribución de los tipos de falla adhesiva entre los grupos de estudio.

En el grupo MTA-Topseal® se observó el desprendimiento total del Topseal® sobre el MTA, constituyendo una falla adhesiva entre ambos materiales. En el grupo MTA-EDTA-Topseal® se observó la aparición de fisuras semicirculares dentro del Topseal® el cual falla alrededor de la huella de rayado constituyendo una falla cohesiva. En algunos casos existió un leve desprendimiento del Topseal® al MTA constituyendo una falla adhesiva (**Figura 9**).



**Figura 9:** **A:** MTA-Topseal®. Imagen del Microscopio óptico con aumento 5X. La flecha muestra el desprendimiento de la película de Topseal® al MTA. **B:** MTA-EDTA-Topseal®. Imagen del Microscopio óptico con aumento 5X. La flecha muestra como el Topseal® falla alrededor de la huella de rasguño constituyendo una falla cohesiva. **C:** MTA-Topseal®. Imágen obtenida con MEB 25X. El Topseal® se desprende totalmente del MTA. **D:** MTA-EDTA-Topseal®. Imagen obtenida con MEB 50X. Leve desprendimiento del Topseal® sobre el MTA constituyendo una falla adhesiva. **E y F:** MTA-Topseal® y MTA-EDTA-Topseal® respectivamente. Imágenes obtenidas con MEB. Análisis EDX. Identificación del silicato para diferenciar Topseal® de MTA.

En el grupo BD®-Topseal® se observó la aparición de extensas fracturas laterales dentro del Topseal® pero sin el desprendimiento de éste al BD® constituyendo una falla cohesiva. En el grupo BD®-EDTA-Topseal® se observó la aparición de fisuras lineales y pequeñas fracturas sobre la huella de rayado dentro del Topseal® sin desprendimiento entre ambos materiales constituyendo una falla cohesiva (**Figura 10**).



**Figura 10:** **A:** BD®-Topseal®. Imagen Microscopio óptico con aumento 5X. Se observan extensas fracturas laterales dentro del Topseal® sin desprendimiento aparente de este al BD. **B:** BD®-EDTA-Topseal®. Imagen Microscopio óptico con aumento 5X. El Topseal® falla alrededor de la huella de rasguño. Se observan pequeñas fracturas y fisuras. **C:** BD®-Topseal®. Imagen obtenida con MEB 23X. Fracturas laterales dentro del Topseal®. **D:** BD®-EDTA-Topseal®. Imagen obtenida con MEB 50X. Pequeñas fracturas laterales y fisuras dentro del Topseal®.

## DISCUSIÓN

El éxito del tratamiento de endodoncia se logra a través del correcto sellado tridimensional del SCR el cual debe prevenir la infiltración de fluidos tisulares, microorganismos y sus productos hacia el interior del diente tratado. Para esto los materiales empleados deben poseer una buena adhesión entre ellos y hacia la dentina.

El presente estudio analizó por primera vez el efecto del uso del EDTA en la resistencia adhesiva del Topseal® a los cementos de ProRoot® MTA y BD®. No existen estudios similares con este tipo de metodología por lo tanto se hace difícil comparar las resistencias adhesivas para poder decir si éstas son altas o no de manera absoluta. Lo mismo ocurre con los tipos de fallas adhesivas obtenidas.

En este estudio el grupo BD®-Topseal® muestra resistencias adhesivas mayores que el grupo MTA-Topseal® sin el uso del EDTA, concordando con la bibliografía actual. El BD® presentaría mejores propiedades mecánicas que el MTA. La fuerza compresiva del BD® es significativamente más alta que la del MTA. El BD® presenta una estructura lisa formada por un aglomerado de finas partículas que componen un gel coloidal de silicato de calcio hidratado que es el responsable de que las partículas se adhieran entre sí, en cambio el MTA presenta una estructura más gruesa que podría explicar sus menores propiedades mecánicas (Butt, Talwar et al. 2014).

El análisis de los resultados obtenidos para la resistencia adhesiva muestra que para el grupo MTA-EDTA-Topseal®, el uso del EDTA no afectó los valores de resistencia adhesiva de manera significativa.

En un estudio Lee y cols. demostraron que el EDTA afecta la hidratación del MTA cuando este último entra en contacto con el irrigante durante su fraguado inicial, disminuyendo sus propiedades mecánicas (Lee, Lin et al. 2007). Sin embargo en nuestro estudio la irrigación con EDTA ocurre a las 4 horas de preparado el MTA, donde ya ha ocurrido gran parte de su hidratación, por lo tanto y observando los valores de resistencia adhesiva obtenidos entre ambos grupos de estudio, el EDTA no alteró de manera significativa la resistencia adhesiva.

Otro estudio realizado por Nagas y cols. concluyó que la exposición del MTA al EDTA no tuvo efectos sobre la adhesión del MTA a la dentina radicular. Presumiblemente esto ocurrió como resultado de la corta exposición del MTA al irrigante además del entorno no ácido en el que se mantuvo (Nagas, Cehreli et al. 2014).

Sin embargo, al analizar el tipo de falla adhesiva se observó que en el grupo MTA-Topseal®, el Topseal® se desprende totalmente del MTA constituyendo una falla adhesiva entre ambos materiales y en el caso del grupo MTA-EDTA-Topseal®, aparecen fisuras semicirculares en el Topseal® pero existe un menor desprendimiento de éste al MTA. La falla sigue siendo adhesiva pero el desprendimiento es sustancialmente menor y además aparecen fallas cohesivas.

Elnaghy observó que cuando el MTA fue tratado con EDTA al 17% aparecieron estructuras cristalinas globulares y hubo formación de microcanales (Elnaghy 2014). Éstos posiblemente podrían ser la causa de la mejora en el modo de adhesión al Topseal® aumentando la superficie de contacto entre ambos materiales.

El uso del EDTA por lo tanto afectaría de manera positiva la adhesión entre el MTA y el Topseal®, mejorando su unión. Es decir, el EDTA permitiría un menor desprendimiento del Topseal® al MTA en primera instancia a pesar de que no afecte de manera significativa los valores de resistencia adhesiva entre ambos, por lo tanto se recomienda la irrigación con EDTA al 17% cuando se haya usado ProRoot® MTA.

Al comparar los resultados obtenidos para la resistencia adhesiva entre los grupos BD®-Topseal® y BD®-EDTA-Topseal® se observó que el uso del EDTA disminuyó los valores de resistencia adhesiva casi a la mitad.

Al analizar el tipo de falla adhesiva en el grupo BD®-Topseal® se observó la aparición de extensas fracturas laterales dentro del Topseal® sin desprendimiento de éste al BD® constituyendo una falla cohesiva dentro del Topseal® y en el caso del uso de EDTA se observó la aparición de fisuras

lineales y pequeñas fracturas sobre la huella del rasguño dentro del Topseal®, constituyendo también una falla cohesiva pero con fracturas de menor tamaño.

Un estudio de Elnaghy observó que cuando la superficie de BD® fue tratada con EDTA al 17% hubo menor formación de su estructura cristalina. Además aparecieron áreas negras interpretadas como poros y la superficie se hizo más lisa (Elnaghy 2014). Esto podría explicar por qué disminuye la resistencia adhesiva, ya que al ser la superficie más lisa disminuye el área de contacto entre los materiales. A su vez, como en el presente estudio se observó una significativa disminución de la resistencia adhesiva entre ambos materiales se podría relacionar con una disminución de las propiedades mecánicas del BD® frente a la exposición de EDTA.

El EDTA disminuye la resistencia adhesiva entre el BD® y el Topseal® manteniendo el tipo de falla adhesiva, siendo en ambos grupos una falla cohesiva dentro del Topseal®, por lo tanto, no se recomienda la irrigación con EDTA al 17% cuando se haya usado BD®.

Para lograr un correcto sellado tridimensional del SCR es muy importante la adhesión entre los materiales. El presente estudio mostró que el Topseal® no se desprende del BD®, sino que falla de manera cohesiva siendo esto muy positivo para mantener la integridad de sellado. El uso del EDTA baja la resistencia adhesiva de ambos materiales comprometiendo la integridad del sellado.

Por otro lado, el Topseal® se desprende el MTA fallando de manera adhesiva perjudicando la integridad del sellado. El EDTA mejora la adhesión provocando menor desprendimiento sin alterar la resistencia adhesiva entre ambos materiales.

No se recomienda la irrigación con EDTA al 17% cuando se haya usado BD®.

En cuanto a las limitaciones del estudio se sugiere buscar un método para homogeneizar la película de Topseal® y obtener un grosor de película exacto para todas las muestras.

Para futuras investigaciones se sugiere hacer un seguimiento de las resistencias adhesivas y el tipo de fallas que se producen en los grupos donde fue usado MTA desde las 24 horas de su preparación hasta 28 días después de su fraguado ya que estudios previos han mostrado que la resistencia compresiva del MTA aumenta hasta casi el doble luego de un mes de preparación (Butt, Talwar et al. 2014).

Además se sugiere realizar el mismo experimento en base a los nuevos cementos selladores basados en materiales bio cerámicos que al ser del mismo origen que el MTA y BD® podrían lograr una resistencia adhesiva mayor a la encontrada en este estudio.

## CONCLUSIONES

- El BD® presenta mayor resistencia adhesiva al Topseal® que el ProRoot® MTA.
- El EDTA al 17% no afecta la resistencia adhesiva del Topseal® al ProRoot® MTA.
- El EDTA al 17% mejora la adhesión del Topseal® al ProRoot® MTA.
- El EDTA al 17% disminuye la resistencia adhesiva del Topseal® al BD®.

## BIBLIOGRAFÍA

Al-Zubaidi, A. and K. Abdul (2014). "The effect of various endodontic irrigants on the sealing ability of Biodentine and other root perforation repair materials." J Bagh Coll Dentistry: 26(23):21-28

Astorga, C., *et al.* (2004). Texto de biomateriales odontológicos. Tomo I. Santiago, Primera edición.

Basrani, B. and M. Haapasalo (2012). "Update on endodontic irrigating solutions." Endodontic topics: 74 - 102.

Benaldo, C. (2005). Estudio comparativo in vitro de la microfiltración de restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo convencional y otras realizadas con un sistema adhesivo con nanorelleno. Trabajo de investigación para título de cirujano dentista. Santiago.

Butt, N., *et al.* (2014). "Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine." Indian J Dent Res **25**(6): 692-697.

Bystrom, A. and G. Sundqvist (1981). "Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy." Scand J Dent Res **89**(4): 321-328.

Camilleri, J., *et al.* (2005). "The constitution of mineral trioxide aggregate." Dent Mater **21**(4): 297-303.

Cantekin, K. and S. Avci (2014). "Evaluation of shear bond strength of two resin-based composites and glass ionomer cement to pure tricalcium silicate-based cement (Biodentine(R))." J Appl Oral Sci **22**(4): 302-306.

Coomaraswamy, K. S., *et al.* (2007). "Effect of bismuth oxide radioopacifier content on the material properties of an endodontic Portland cement-based (MTA-like) system." J Endod **33**(3): 295-298.

Danty, J. (2011). Evaluación del grado de resistencia adhesiva de restauraciones de resina. Trabajo de investigación. Requisito para optar al título de cirujano dentista.

El-Ma'aita, A. M., *et al.* (2013). "The effect of smear layer on the push-out bond strength of root canal calcium silicate cements." Dent Mater **29**(7): 797-803.

Elnaghy, A. M. (2014). "Influence of QMix irrigant on the micropush-out bond strength of biodentine and white mineral trioxide aggregate." J Adhes Dent **16**(3): 277-283.

- Farhad, A. R., *et al.* (2008). "The Effect of Three Different Root Canal Irrigant Protocols for Removing Smear Layer on the Apical Microleakage of AH26 Sealer." Iran Endod J **3**(3): 62-67.
- Gunduz, K., *et al.* (2011). "Cross-sectional evaluation of the periapical status as related to quality of root canal fillings and coronal restorations in a rural adult male population of Turkey." BMC Oral Health **11**: 20.
- Haapasalo, M., *et al.* (2012). "Irrigation: beyond the smear layer." Endodontic Topics: 35 - 53.
- Jarrett, I. S., *et al.* (2004). "Percentage of canals filled in apical cross sections - an in vitro study of seven obturation techniques." Int Endod J **37**(6): 392-398.
- Kogan, P., *et al.* (2006). "The effects of various additives on setting properties of MTA." J Endod **32**(6): 569-572.
- Koubi, G., *et al.* (2013). "Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study." Clin Oral Investig **17**(1): 243-249.
- Laurent, P., *et al.* (2012). "Biodentine(TM) induces TGF-beta1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization." Int Endod J **45**(5): 439-448.
- Lee, K. W., *et al.* (2002). "Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha." J Endod **28**(10): 684-688.
- Lee, Y. L., *et al.* (2007). "Effects of EDTA on the hydration mechanism of mineral trioxide aggregate." J Dent Res **86**(6): 534-538.
- Loxley, E. C., *et al.* (2003). "The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials." Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod **95**(4): 490-494.
- Lucena-Martin, C., *et al.* (2002). "A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements." J Endod **28**(6): 423-426.
- Malkondu, O., *et al.* (2014). "A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material." Biomed Res Int **2014**: 160951.
- Marshall, S. J., *et al.* (2010). "A review of adhesion science." Dent Mater **26**(2): e11-16.
- Monardes, H., *et al.* (2014). "Apical Microfiltration of Two Cement Sealers. An in vitro Study." International Journal of Odontostomatology: 393 - 398.

Nagas, E., *et al.* (2014). "Bond strength of mineral trioxide aggregate to root dentin after exposure to different irrigation solutions." Dent Traumatol **30**(3): 246-249.

Odabas, M. E., *et al.* (2013). "Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine." ScientificWorldJournal **2013**: 626103.

Parirokh, M. and M. Torabinejad (2010). "Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties." J Endod **36**(1): 16-27.

Parirokh, M. and M. Torabinejad (2010). "Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action." J Endod **36**(3): 400-413.

Razmi, H., *et al.* (2008). "Antimicrobial Effects of AH26 Sealer/Antibiotic Combinations Against Enterococcus Faecalis." Iran Endod J **3**(4): 103-108.

Roberts, H. W., *et al.* (2008). "Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature." Dent Mater **24**(2): 149-164.

Santos, A. D., *et al.* (2005). "Physico-chemical properties of MTA and a novel experimental cement." Int Endod J **38**(7): 443-447.

Shayegan, A., *et al.* (2012). "Biodentine used as a pulp-capping agent in primary pig teeth." Pediatr Dent **34**(7): e202-208.

Siqueira, J. F., Jr. and I. N. Rocas (2008). "Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures." J Endod **34**(11): 1291-1301.e1293.

Soares, I. and F. Goldberg (2002). Endodoncia. Técnica y fundamentos. Buenos Aires, Panamericana.

Soundappan, S., *et al.* (2014). "Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study." J Dent (Tehran) **11**(2): 143-149.

Torabinejad, M., *et al.* (1995). "Physical and chemical properties of a new root-end filling material." J Endod **21**(7): 349-353.

Maillefer Topseal Swiss Precision instruments Root Canal Sealer  
ST30 Low Cost Scratch Tester Specification and User Guide. 2013.