



# Universidad Autónoma de Querétaro

“EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DEL SMEAROFF  
COMO IRRIGANTE ENDODÓNTICO”

## Tesis

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

ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Presenta:

M.E Ángel Daniel Gutiérrez Dávila

Dirigido por:

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez

M.E ÁNGEL DANIEL GUTIÉRREZ DÁVILA

EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DEL SMEAROFF COMO  
IRRIGANTE ENDODÓNTICO

2023

Querétaro, Qro. a noviembre 2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales  
de Información



Evaluación del efecto antimicrobiano del SmearOFF  
como irrigante endodóntico

**por**

Ángel Daniel Gutiérrez Dávila

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

**Clave RI:** MEESC-309395



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina

Especialidad en Endodoncia

“Evaluación del efecto antimicrobiano del SmearOFF como irrigante endodóntico”

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la  
Especialidad en Endodoncia

**Presenta:**

M.E. Ángel Daniel Gutiérrez Dávila

**Dirigido por:**

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez.

Presidente

Dr. Santiago Andaracua García.

Secretario

M. en I. Lilia Susana Collazo de la Rosa.

Vocal

Dra. en C. María del Socorro Maribel Liñán Fernández.

Suplente

Dra. Rosa Martha Pérez Serrano.

Suplente

Centro Universitario,  
Querétaro, Qro. Septiembre 2023  
México

## Resumen

**Introducción:** La clave del éxito en el tratamiento de conducto es la irrigación. Tiene varias funciones importantes, entre la que destaca su efecto antimicrobiano, sin embargo, el irrigante ideal en endodoncia aún no existe, muchos han sido propuestos y utilizados, pero se continúa en la búsqueda de aquel que cumpla con todos los aspectos importantes que se requieren. En la actualidad, se van realizando mezclas entre sustancias utilizadas en la preparación del conducto radicular y son puestos a prueba, principalmente para conocer su capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano. **Objetivos:** Determinar si el SmearOFF tiene efecto antimicrobiano al utilizarse como irrigante endodóntico. **Materiales y métodos:** Estudio experimental *in vitro*. Se evaluó la capacidad antimicrobiana del SmearOFF a través de dos ensayos, la prueba de difusión en agar y una prueba de irrigación en premolares uniradiculares extraídos comparándola con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5.25%, Solución salina, NaOCl al 5.25% + EDTA, NaOCl al 5.25% + Clorhexidina (CHX) 2%. Los datos se analizaron mediante la prueba de ANOVA, y comparación múltiple de Tukey-Kramer. **Resultados:** En ambas pruebas resultaron con efecto antibacteriano frente a *E. faecalis* las sustancias NaOCl, EDTA y CHX en ese orden, las sustancias que no tuvieron efecto antibacteriano fueron el SmearOFF y Solución salina. **Conclusión:** Se determinó que el SmearOFF no tiene efecto antibacteriano al utilizarse como irrigante endodóntico.

**Palabras claves:** Irrigante, SmearOFF, NaOCl, UFC, *E. faecalis*.

## Summary

**Introduction:** The key to success in root canal treatment is irrigation. It has several important functions, among which stands out its antimicrobial effect, however, the ideal irrigant in endodontics does not yet exist, many have been proposed and used, but the search continues for one that meets all the important aspects that are required. At present, mixtures of substances used in root canal preparation are being made and tested, mainly to determine their capacity to inhibit bacterial growth.

**Objectives:** To determine whether SmearOFF has an antimicrobial effect when used as an endodontic irrigant. **Materials and methods:** *In vitro* experimental study. The antimicrobial capacity of SmearOFF was evaluated through two tests, the agar diffusion test and an irrigation test in extracted uniradicular premolars comparing it with 5.25% sodium hypochlorite (NaOCl), saline solution, 5.25% NaOCl + EDTA, 5.25% NaOCl + Chlorhexidine (CHX) 2%. Data were analyzed by ANOVA test and Tukey-Kramer multiple comparison. **Results:** In both tests, NaOCl, EDTA and CHX were found to have an antibacterial effect against *E. faecalis* in that order; the substances that did not have an antibacterial effect were SmearOFF and saline solution. **Conclusion:** SmearOFF was found to have no antibacterial effect when used as an endodontic irrigant.

**Key words:** Irrigant, SmearOFF, NaOCl, CFU, *E. faecalis*.

## **Dedicatorias**

Este trabajo se lo dedico a mi familia y amigos, por su paciencia y comprensión, por su fuente inagotable de apoyo, inspiración y amor a lo largo de este proceso académico.

A mi padre José de Jesús Gutiérrez González y a mi madre Patricia Eugenia Dávila Medina por su dedicación, amor y apoyo inquebrantable que me han guiado a lo largo de este arduo trabajo. Este trabajo no solo representa mis esfuerzos, sino también el sacrificio y el compromiso que han invertido en mi educación.

## **Agradecimientos**

En el proceso de este trabajo, tuve el privilegio de contar con el apoyo de muchas personas a quienes deseo expresar mi más sentido agradecimiento.

A mis padres, mis 3 hermanos y mis sobrinos por su amor incondicional y por ser mi red de seguridad emocional. Su apoyo constante ha sido mi mayor motivación.

Agradezco a mi director de tesis, Rubén Abraham Domínguez Pérez, por orientarme, su paciencia inagotable y su dedicación constante. Sus consejos y su compromiso con mi crecimiento académico fueron fundamentales en este trabajo de investigación.

Mi reconocimiento también se extiende a mis profesores de la Universidad Autónoma de Querétaro, cuyas contribuciones jugaron un papel esencial en el desarrollo de mis ideas y enfoques de investigación.

A mis amigos quienes me proporcionaron apoyo moral, estímulo y consejos que fueron de gran ayuda para culminar la especialidad.

A Dios por permitirme lograr vivir esta etapa de mi vida.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Paginas</b>
<b>Resumen</b>	I
<b>Summary</b>	II
<b>Dedicatorias</b>	III
<b>Agradecimientos</b>	IV
<b>Índice</b>	V
<b>Índice de cuadros</b>	VI
<b>Abreviaturas y Siglas</b>	VIII
<b>I. Introducción</b>	1
<b>II. Antecedentes</b>	3
<b>III. Fundamentación Teórica</b>	6
<b>IV. Hipótesis</b>	13
IV.1. Hipótesis de trabajo	13
IV.2. Hipótesis nula	13
<b>V. Objetivos</b>	14
V.1. Objetivo General	14
V.2. Objetivo Especifico	14
<b>VI. Materiales y Método</b>	15
VI.1. Tipo de investigación	15
V.I.2. Muestra y tipo de muestra	15
V.I.2.1. Criterios de selección	15
V.I.3. Procedimiento	17



	V.I.3.1. Análisis estadístico	23
<b>VII.</b>	<b>Resultados</b>	24
<b>VIII.</b>	<b>Discusión</b>	27
<b>IX.</b>	<b>Conclusiones</b>	31
<b>X.</b>	<b>Propuestas</b>	32
<b>XI.</b>	<b>Bibliografía</b>	33

### Índice de cuadros

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
VII. Cuadro 1	Comparación de los halos de inhibición de <i>E. faecalis</i> al utilizar NaOCl al 5.25%, EDTA, SmearOFF, CHX 2%, y Solución Salina.	24
VII. Cuadro 2	Comparación de los halos de inhibición de <i>E. faecalis</i> al utilizar NaOCl al 5.25%, EDTA, SmearOFF, CHX 2%, y Solución Salina.	25
VII. Cuadro 3	Comparación de los valores de las UFC de <i>E. faecalis</i> encontradas en el conducto después de irrigar con las diferentes soluciones.	26
VII. Cuadro 4	Comparación de los valores de UFC de <i>E. faecalis</i> cuantificadas en el conducto después de irrigar con las diferentes soluciones.	26

## Abreviaturas y Siglas

NaOCl	Hipoclorito de sodio
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
CHX	Gluconato de Clorhexidina
<i>E. faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
BHI	Infusión cerebro corazón
UFC	Unidades formadoras de colonias
D.E	Desviación estándar
X	Promedio

## Introducción

El ser humano es un supraorganismo compuesto tanto por sus propias células como por células microbianas. La cantidad de microorganismos en el cuerpo humano es diez veces mayor que el de las células en el cuerpo (Turnbaugh *et al.*, 2007). La microbiota oral es muy diversa e incluye bacterias, hongos, virus, arqueas y protozoos. En la cavidad bucal hay unas 700 especies, la mayoría de las cuales son autóctonas (Palmer, 2014).

Si las lesiones cariosas no se tratan, pueden progresar a través de la dentina y llegar a la pulpa, en el cual la pulpa se infecta y muere. La microbiota asociada a las infecciones endodónticas no tratadas son principalmente bacterias proteolíticas anaerobias (Munson *et al.*, 2002).

Sorprendentemente, las infecciones endodónticas que persisten después del tratamiento incluyen con frecuencia *enterococos* que normalmente no se encuentran en la boca en estado de salud (Wade, 2013).

Las bacterias se desarrollan más lentamente en las biopelículas que en su estado planctónico y, por lo tanto, estos absorben los agentes antimicrobianos lentamente (Dunayant *et al.*, 2006). La biopelícula también proporciona un entorno propicio para la acumulación de mutaciones en las células microbianas, lo que favorece aún más su supervivencia y persistencia. El tratamiento del conducto radicular involucra el ensanchamiento del conducto con instrumentos mecánicos y la limpieza del espacio utilizando desinfectantes químicos para (i) eliminar los tejidos vitales o necróticos remanentes; (ii) eliminar la microbiota dentro del sistema del conductos radiculares, incluyendo la disrupción del biofilm microbiano y (iii) eliminar los restos de tejido duro que se acumulan durante la instrumentación del conducto radicular (Siqueira *et al.*, 2011; Zehnder *et al.*, 2006).

En general, el objetivo de la desinfección sanitaria es reducir la carga bacteriana a un nivel subcrítico para que la respuesta inmunitaria del paciente permita la curación. El tratamiento endodóntico no es diferente, ya que la desinfección del conducto se considera el núcleo de esta terapia (Haapasalo *et al.*, 2003; Ricucci *et al.*, 2010).

Los biofilms microbianos en el conducto radicular son muy resistentes a los desinfectantes utilizados en el tratamiento de conductos. La anatomía compleja e impredecible del conducto radicular y las biopelículas hacen que sea aún más difícil eliminar los biofilms bacterianos. (Alves *et al.*, 2011; Susin *et al.*, 2010).

El objetivo del tratamiento de conductos es un desbridamiento completo del sistema de conductos radicular, eliminando los en su totalidad a los microorganismos causantes de las patologías pulpares y periapicales presentes en los conductos. No es posible realizar un desbridamiento completo por medios mecánicos debido a las anomalías anatómicas que están presentes en algunos conductos radiculares, como conductos accesorios, istmos y deltas apicales; por lo tanto, la desinfección química que se realiza en la irrigación se convierte en la primera opción para uso en el tratamiento de conductos. Entre las propiedades que debe tener un irrigante ideal, encontramos la facultad de eliminar material orgánico e inorgánico, lubricar las paredes del conducto y tener un efecto antibacteriano residual (Ingle *et al.*, 2004).

El principal factor en el fracaso del tratamiento de conductos es la persistencia de bacterias en el sistema de conductos radiculares (Siqueira, 2001).

La desinfección y limpieza del sistema de conductos radiculares mediante soluciones de irrigación se considera una parte clave para el éxito del tratamiento de conductos (Turnbaugh *et al.*, 2007).

Un elemento clave para el éxito del tratamiento de conducto radicular es la irrigación, cuyas funciones importantes pueden variar según el irrigante utilizado: sirve de lubricante lo que reduce la fricción entre el instrumento y la dentina, aumenta la eficiencia de corte de la lima, disuelve tejido orgánico, también tiene acción antimicrobiana/antibiopelícula. La irrigación es la única forma de tratar las zonas de la pared del sistema de conductos radiculares que el instrumento no toca en la preparación mecánica (Haapasalo *et al.*, 2014).

## Antecedentes

Haapasalo *et al.* (2010) postularon que el irrigante perfecto debe tener todas o en su mayoría las siguientes características:

Funciones pretendidas en un irrigante.

- Disolver materia orgánica e inorgánica
- Limpieza del conducto radicular
- Lubricante para reducir la fricción del instrumento
- No debilitar estructuralmente al diente
- Bactericida, amplio espectro, eficaz contra anaerobios, facultativos y biofilm
- Efecto antimicrobiano prolongado
- No dañar ni irritar el tejido periapical
- No citotóxico
- Baja tensión superficial

No existe ninguna solución óptima actualmente que cumpla con todas las características ideales. En el protocolo de irrigación al utilizar combinaciones de productos contribuirá al éxito en el tratamiento de conductos.

Siqueira *et al.* (1997) mencionan que la eficacia del Hipoclorito de sodio (NaOCl) al 4% contra *E. faecalis in vitro* era significativamente más eficiente que la solución salina en la desinfección del conducto radicular. Siqueira *et al.* (1998) compararon la actividad antimicrobiana de algunos irrigantes utilizados en endodoncia contra bacterias anaerobias y facultativas. Sus resultados mostraron que la eficacia antibacteriana del NaOCl al 4% y del NaOCl al 2.5% era significativamente mayor que la de otros agentes probados.

Gomes *et al.* (2013) evaluaron la eficacia antimicrobiana frente al *E. faecalis* de diferentes concentraciones de NaOCl (0.5%, 1%, 2.5%, 4% y 5.25%) y dos formas de gluconato de clorhexidina (CHX) (gel y líquido) en tres concentraciones (0.2%, 1% y 2%). Comprobaron que todos los irrigantes utilizados en el estudio eran eficaces para eliminar *E. faecalis*, pero en diferentes tiempos. La CHX líquida en

diferentes concentraciones (0.2%, 1% y 2%) y el NaOCl (5.25%) fueron los irrigantes más eficaces. Sin embargo, el tiempo requerido por la CHX líquida al 0.2% y el CHX en gel al 2% para producir cultivos negativos necesitó de sólo 30 segundos y 1 minuto, de forma respectiva.

Krishnan *et al.* (2017) concluyeron que existen datos que apoyan el no utilizar ninguna solución irrigante secundaria. No obstante, es necesario identificar irrigantes secundarios con propiedades antibacterianas y antibiofilm que puedan aplicarse de forma eficaz y segura dentro del sistema de conductos radiculares en combinación con NaOCl sin reducir el cloro activo libre.

Algunos estudios anteriores en el que comparaban el efecto antimicrobiano del NaOCl y la CHX al 2% contra la infección dentro del conducto han mostrado muy poca o nula diferencia entre su eficacia antimicrobiana. No obstante, estudios recientes que utilizan tinción de viabilidad y modelos de biopelícula más avanzados, incluido un modelo de biopelícula de dentina, han demostrado que el NaOCl al 6% tiene un efecto antibiopelícula mucho mayor que la CHX al 2%, que es comparable o más débil que el NaOCl al 1 y 2% (Ma *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012; Vahdaty *et al.*, 1993; Jeansonne *et al.*, 1994).

Actualmente se han introducido algunos productos con combinaciones para la irrigación del sistema de conductos radiculares. Entre ellos se encuentran el NaOCl mezclado con un tensioactivo (Chlor-Xtra, White King) y productos con Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) o ácido cítrico combinados con tensioactivos y/o agentes antibacterianos (MTAD, SmearClear, Tetraclean, QMiX). Aunque se podría defender el utilizar la mezcla de la sal tetrasódica de EDTA con NaOCl a un pH de 12 para llevar a cabo la disolución de la materia orgánica y la eliminación del barrillo dentinario simultáneamente, el producto comercial SmearOFF, que sólo tiene un pH de 8 a 9, parece no retener ningún cloro activo significativo cuando se mezcla con NaOCl. Por lo tanto, el uso previsto de SmearOFF debe ser claro; sólo debe utilizarse solo como irrigante final. Aunque no produce precipitado cuando se mezcla

con NaOCl, SmearOFF no debe utilizarse simultáneamente con NaOCl debido al rápido desplazamiento del cloro disponible (Krishnan *et al.*, 2017).

## Fundamentación Teórica

### III.1 Infección del sistema de conductos radicular

En las infecciones dentro del sistema conductos radicular, las bacterias suelen formar comunidades microbianas de múltiples piezas, es decir, biopelículas (Nair *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2014). Las biopelículas intrarradiculares se encuentran en el 74-80% de los casos con periodontitis apical (PA), tanto en los casos sin tratamiento como en los tratados previamente (Ricucci y Siqueira, 2010).

La adhesión microbiana a una superficie es un requisito previo para formar una biopelícula. En una biopelícula madura, varias capas de células microbianas están rodeadas por una sustancia polimérica extracelular, que consiste principalmente en polisacáridos y proteínas extracelulares (Casadevall *et al.*, 2009). Las células microbianas de las biopelículas son más resistentes a los antimicrobianos y a la respuesta del huésped. Por lo tanto, la clave para el tratamiento exitoso de todas las infecciones por biopelículas es la destrucción de las biopelículas mediante preparaciones quimicomecánicas. (Hajo *et al.*, 2009).

Las biopelículas bacterianas suelen formarse en las paredes del sistema de conductos radicular, sin embargo algunas bacterias pueden invadir los túbulos dentinarios subyacentes en mayor o menor medida. En muestras clínicas, se ha detectado penetración bacteriana hasta en dos tercios del grosor de la dentina (Ricucci *et al.*, 2010; Vera *et al.*, 2012). El entorno nutricional, la presencia de oxígeno, la estructura de la dentina y los mecanismos de adhesión bacteriana influyen en ello. Existen más cantidad de túbulos dentinarios en el tercio coronal y medio de la raíz que en las partes apicales. Sin embargo, hay más conductos adicionales en las partes apicales (delta apical) que pueden ser difíciles de alcanzar por los instrumentos y los irrigantes del conducto radicular. Se ha demostrado que unas pocas especies grampositivas, como *Streptococos*, *Enterococcus* y *Actinomyces spp.* son capaces de invadir los túbulos dentinarios radiculares humanos. En cambio, las especies gramnegativas se recuperan con menos frecuencia (Love *et al.*, 2002).



Se ha informado de que la persistente infección periapical es la causa principal de fracaso del tratamiento del conducto radicular (Weigner *et al.*, 1998). Se han detectado varias especies microbianas tales *E. faecalis*, *Streptococcus*, *Dialister*, *Parvimonas*, *Fusobacterium* y *Propionibacterium* en dientes con lesiones periapicales (Alshawaimi *et al.*, 2016). Sin embargo, el *E. faecalis* es el microorganismo más común que se encuentra en el sistema de conductos radicular infectados y en los casos de periodontitis apical previamente tratados. Su porcentaje de prevalencia se encuentra entre el 24% y el 77% (Stuart *et al.*, 2006). *E. faecalis* tiene la capacidad de adentrarse dentro de los túbulos dentinarios, resistir los procedimientos intraconductos durante el tratamiento endodóntico y sobrevivir en conductos obturados sin la ayuda de otras bacterias.

### **III.2 *Enterococcus faecalis***

Coco gram positivo, anaerobio facultativo., células ovoides y con un tamaño de 0,5 a 1  $\mu\text{m}$  de diámetro. Presentación solas, en parejas o en cadenas cortas, y con frecuencia son alargadas en dirección de la cadena. Algunas de las cepas son hemolíticas y móviles, otras sí. Las colonias superficiales son circulares, lisas y enteras. La prevalencia de *enterococos* en infecciones endodónticas primarias (Engström *et al.*, 1964) y en infecciones persistentes (Sundqvist *et al.*, 1998) se ha comunicado casi exclusivamente mediante estudios en los que se ha utilizado el cultivo. No obstante, su cultivo requiere demasiado tiempo, con una baja sensibilidad diagnóstica y su identificación puede ser errónea. *E. faecalis* sólo se ha encontrado ocasionalmente en casos de infecciones endodónticas primarias (Möller, 1966; Bergenholtz, 1974). Por otra parte, esta especie se ha aislado o detectado con frecuencia en casos en los que la terapia endodóntica ha fracasado (Sundqvist *et al.*, 1998).

### **III.3 Irrigación**

Antiguamente, se han propuesto innumerables compuestos en solución acuosa como irrigantes del sistema de conductos radicular, incluyendo sustancias como el

solución salina o sustancias biocidas altamente tóxicos y alergénicos como el formaldehído (Harrison, 1984).

La irrigación es de gran importancia en el tratamiento endodóntico. A lo largo de la instrumentación y posterior a esta, los irrigantes favorecen a la eliminación de microorganismos, desechos de tejido y barrillo dentinario del conducto radicular mediante un mecanismo de lavado en el sistema de conducto radicular. Los irrigantes ayudan a evitar el taponamiento de los tejidos duros y blandos en el tercio apical del conducto radicular y la extrusión de material contaminado a la zona periapical. Algunas soluciones de irrigadoras disuelven tejido orgánico, así como inorgánico del sistema de conductos radicular. Además, algunas otras soluciones de irrigación tienen efecto antimicrobiano y destruyen las bacterias y los hongos cuando entran en contacto directo con los microorganismos. Sin embargo, algunas soluciones de irrigación poseen potencial citotóxico, y al entrar en contacto con los tejidos periapicales pueden causar un dolor intenso (Hülsmann *et al.*, 2000).

En la literatura se proponen diversos protocolos con el objetivo de encontrar soluciones de irrigación que dejen el conducto radicular para una obturación libre de microorganismos. Sin embargo, no existe una única solución que satisfaga todos los objetivos deseados, por lo que recurrir a la combinación de ambas supone una amplia gama de opciones (Basrani *et al.*, 2012).

### **III.4 Irrigantes utilizados en endodoncia**

#### **III.4.1 Hipoclorito de sodio**

En la actualidad el NaOCl es la solución de irrigación más popular.

El NaOCl se ioniza en agua para formar  $\text{Na}^+$  y el ion hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ) forma un equilibrio con el ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ). A pH ácido y neutro, la mayor parte del cloro está en forma de  $\text{HOCl}$ , mientras que, a pH alto, de 9 y superior, prevalece los iones de hipoclorito (Mcdonnell *et al.*, 1999).

El NaOCl generalmente se utiliza en concentraciones entre 0,5% y 6%. Es un potente antimicrobiano que mata la mayoría de las bacterias al entrar en contacto con éstas, otra función es que disuelve los restos de pulpa y el colágeno.

La única solución irrigadora que se usa comúnmente para disolver el tejido orgánico vital y necrótico dentro del sistema de conductos radiculares es el NaOCl, es imposible imaginar una irrigación exitosa del conducto radicular sin NaOCl, aunque no elimina el barrillo dentinario por sí solo, afecta la parte orgánica de la capa de barrillo, permitiendo eliminar todo el barrillo dentinario con protocolo de irrigación incluyendo un quelante (Zehnder *et al.*, 2002).

Sin embargo, aunque el NaOCl actualmente ha sido ampliamente utilizado en endodoncia como solución irrigadora, no existe consenso en cuanto a la concentración ideal a utilizar. La relación riesgo-beneficio debe ser considerada durante la elección de las soluciones irrigadoras. Lo ideal de los irrigantes es que destruyan los microorganismos y neutralicen sus productos sin dañar los tejidos del huésped. Por lo tanto, la concentración deseable debe ser aquella que posea una baja toxicidad y unos efectos antibacterianos adecuados (Siqueira *et al.*, 2000).

#### **III.4.2 Clorhexidina**

La CHX es una biguanida divalente con carga positiva que tiene la capacidad de unirse a la dentina y a la superficie de la bacteria con carga negativa, esto produce un efecto antibacteriano y antifúngico prolongado cuando se usa en el sistema de conductos. (Nowicki *et al.*, 2011).

Aunque es un irrigante de conductos radiculares muy popular, la CHX carece de propiedades de disolución tisular. También es inactivada por la albúmina sérica y tiene un efecto relativamente limitado sobre las bacterias gramnegativas (Nowicki *et al.*, 2011; Thomas *et al.*, 2010). La CHX forma un precipitado cuando se mezcla con NaOCl, cuya composición y toxicidad siguen siendo controvertidas (Arslan *et al.*, 2015, Nocca *et al.*, 2017).

El *E. faecalis* es especialmente susceptible a la CHX, pero no se encuentra presente en la mayoría de los casos de fracaso endodóntico y, cuando se encuentra, casi nunca está entre las especies más prevalentes (Siqueira *et al.*, 2016; Zandi *et al.*, 2018).

Aunque el NaOCl se considera un agente irrigante con un gran potencial, no cumple la función de disolver los desechos inorgánicos producidos en la instrumentación, ni de eliminar y prevenir eficientemente la capa de barrillo. Además, las irregularidades anatómicas del conducto no permiten una instrumentación adecuada, por lo que posteriormente se indica el uso de soluciones quelantes como Qmix y EDTA (Campoverde *et al.*, 2020).

### **III.5 Quelantes**

#### **LII.5.1 Ácido etilendiaminotetraacético**

La solución de EDTA es un poco alcalina o neutra; con un pH ácido, la concentración que normalmente se utiliza es al 17% o al 15%, aunque en estudios han recomendado que la solución de EDTA al 5% e incluso al 1%, es lo necesario para eliminar el barrillo dentinario. El tiempo recomendado para que se necesita para eliminar el barrillo dentinario es de aproximadamente dos minutos, pero en las zonas más gruesas se necesita mayor tiempo de exposición (Zehnder *et al.*, 2006; Hülsmann, 2003). El barrillo dentinario tiene que eliminarse, debido a que contiene bacterias y antígenos microbianos incrustados que durante la instrumentación de un conducto necrótico se empacan (Baumgartner *et al.*, 1987; Yamada *et al.*, 1983). El EDTA nada más afecta a la parte inorgánica de la dentina y la hidroxiapatita y la eliminación completa del barrillo dentinario sólo se puede conseguir cuando se ha utilizado NaOCl antes del enjuague final con EDTA (Goldman *et al.*, 1982; Haapasalo *et al.*, 2012). El EDTA tiene poca o ninguna actividad antimicrobiana, aunque algunos estudios han indicado actividad antifúngica para el EDTA (Sen *et al.*, 2000; Ates *et al.*, 2005) Sin embargo, el EDTA debilita la membrana celular bacteriana sin matar la célula, pero puede actuar de forma sinérgica con otros productos químicos, por ejemplo, la CHX, que atacan más enérgicamente la pared

celular bacteriana (Stojcic *et al.*, 2012). El EDTA debilita en gran medida el efecto del NaOCl y no debe utilizarse (mezclado o alternado) con él. Cuando se mezcla con CHX, el EDTA forma un precipitado blanco y turbio (Zehnder *et al.*, 2005; Marchesan *et al.*, 2007; Basrani *et al.*, 2007).

El EDTA tiene una actividad antimicrobiana muy poca o nula, no obstante, algunos estudios sugieren que tiene actividad antifúngica (Sen *et al.*, 2000; Ates *et al.*, 2005). Sin embargo, el EDTA actúa debilitando la membrana celular de la bacteria sin matar la célula, pero puede actuar sinérgicamente junto con otras sustancias químicas, como la CHX, que a diferencia del EDTA, esta ataca la pared celular de la bacteria de manera más agresiva (Stojcic *et al.*, 2012). Cuando se mezcla el EDTA con CHX se forma un precipitado blanco-turbio.

### **III.6 Combinación de Irrigantes**

El uso de una irrigación adicional con soluciones antibacterianas secundarias es una de las estrategias propuestas para mejorar la erradicación bacteriana (Haapasalo *et al.*, 2010). El uso de algunos de los irrigantes disponibles actualmente en combinación con NaOCl tiene sus inconvenientes, como la formación de productos de reacción tóxicos e interacciones antagónicas (Rossi-Fedele *et al.*, 2012). El cloro activo libre se reduce drásticamente cuando se mezclan NaOCl y EDTA, incluso en pequeñas proporciones (Clarkson *et al.*, 2011).

Las soluciones de irrigación pueden combinarse con detergentes para disminuir la tensión superficial y aumentar su eficacia antibacteriana (Bukiet *et al.*, 2012). QMiX y SmearOFF son dos agentes de irrigación patentados que contienen EDTA, CHX y detergente. Se proponen ambos para la irrigación final del sistema de conductos radiculares con el paso adicional de irrigación salina después del NaOCl cuando se utiliza QMiX (Kolosowsk *et al.*, 2014).

### **III.6.1 SmearOFF**

SmearOFF (Vista Dental Products, Racine, WI) es un irrigante que en su composición contiene CHX < 1% de peso y EDTA 18% de peso. El fabricante afirma que es conveniente utilizar SmearOFF con NaOCl como un procedimiento de 2 pasos en lugar del procedimiento convencional de 3 pasos que implica la eliminación del NaOCl del conducto con solución salina o agua destilada antes de utilizar irrigantes posteriores (Krishnan *et al.*, 2017).

## **Hipótesis**

### **Hipótesis de trabajo**

El SmearOFF tiene efecto antimicrobiano cuando se utiliza como irrigante endodóntico.

### **Hipótesis nula**

El SmearOFF no tiene efecto antimicrobiano cuando se utiliza como irrigante endodóntico.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar si el SmearOFF tiene efecto antimicrobiano cuando se utiliza como irrigante endodóntico.

### **Objetivos específicos**

Evaluar el efecto antimicrobiano del SmearOFF contra *E. faecalis* en un ensayo de difusión en agar

Evaluar el efecto antimicrobiano del SmearOFF como irrigante endodóntico en un modelo con dientes extraídos contaminados con *E. faecalis*

Evaluar el efecto antimicrobiano de soluciones irrigantes endodónticas comunes (EDTA, NaOCl,) en un modelo con dientes extraídos contaminados con *E. faecalis*

Comparar el efecto antimicrobiano de todas las soluciones irrigantes endodónticas utilizadas.



## **VI. Material y métodos**

**VI.1 Tipo de investigación:** Experimental *in vitro*

**VI.3 Muestra:** Se seleccionaron 60 premolares que cumplieron los criterios de selección, los premolares se inocularon con *E. faecalis* y se dividieron en 5 grupos, 13 dientes por grupo, cada grupo se irrigó con una sustancia diferente: NaOCl al 5.25%, Solución salina, NaOCl al 5.25% + EDTA, SmearOFF, NaOCl al 5.25% + CHX 2%.

### **VI.3.1 Criterios de selección**

#### **Criterios de inclusión:**

Órganos dentales humanos extraídos que presentaron las siguientes características:

- Unirradiculares
- Extraídos por ortodoncia
- Extraídos por enfermedad periodontal
- Extraídos por indicaciones protésicas
- Ápices cerrados
- Conductos únicos
- Ausencia de caries

#### **Criterios de exclusión:**

Premolares humanos extraídos que presentaron las siguientes características

- Reabsorción interna o externa
- Restauraciones
- Malformaciones radiculares
- Previamente tratados
- Calcificados
- Fracturados / fisurados

### **Criterios de eliminación**

- Premolares humanos que al extraerlos se fracturaron o perforaron en el procedimiento
- Premolares humanos extraídos que presentaron algún fragmento de instrumento separado dentro del conducto radicular.

## VI.5 Procedimientos

Se realizaron dos pruebas independientes, para identificar la capacidad antimicrobiana del SmearOFF como solución (prueba de difusión en agar) y para identificar su capacidad antimicrobiana al utilizarse como irrigante (modelo en dientes extraídos).

### Prueba de difusión en agar

- a) Se prepararon 8 cajas Petri con agar infusión cerebro corazón (BHI).
- b) Se marcaron las cajas con los datos necesarios para diferenciarlas antes de inocular.
- c) Se inocularon con 10 microlitros de medio de cultivo contaminado con *E. faecalis* utilizando una micropipeta, distribuyendo el medio con una varilla de vidrio.
- d) Se colocaron 5 discos de papel impregnados de cada solución:
  - a. SmearOFF
  - b. EDTA al 17%
  - c. NaOCl al 5.25%
  - d. CHX al 2%
  - e. Solución Salina
- e) Todas las cajas se colocaron en una incubadora microbiológica a 37°C.
- f) A las 48 horas se tomaron fotografías de las cajas y se midió el diámetro del halo de inhibición.
- g) Para la medición del diámetro de halo de inhibición se utilizó el programa ImageJ (Java) (Figura1).
- h) Los datos recabados se registraron en la base de datos y se analizaron mediante pruebas estadísticas pertinentes utilizando el GraphPad Software Inc.



**Figura 1:** Se observa la medición del diámetro del halo utilizando el programa ImageJ.

## Evaluación de la solución como irrigante en modelo de dientes extraídos

La recolección y selección de premolares fue realizada por el investigador principal. Cada uno de los premolares se solicitó al paciente después de la extracción por motivos ortodónticos y como una donación. Dichas piezas dentales se utilizaron para este estudio y posteriormente se desecharon siguiendo los protocolos adecuados para los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

### Preparación de órganos dentales experimentales:

- a) Los premolares extraídos se limpiaron con cepillo para eliminar restos de tejido blando remanente del procedimiento quirúrgico.
- b) A fin de eliminar restos de tejidos mineralizados se utilizó un instrumento ultrasónico Escariador Dental S6 Led DBA.
- c) Después de limpiar cada órgano dentario (Figura 2), se almacenaron en una solución de NaOCl al 0,01% hasta que se utilizaron.
- d) Se cortó la corona y los últimos 3mm de ápice de cada órgano dental utilizando una fresa de diamante troncocónica de banda azul (TR-25, Grupreysa), con el objetivo de dejar un remanente radicular de 10mm (Figura 3).
- e) Los órganos dentales se desinfectaron en NaOCl al 5.25% por 1 minuto enseguida se realizó un lavado con agua bidestilada por 5 minutos.
- f) Con limas tipo K #10, #15, #20, #25, #30, #35, #40, #45, y #50 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) se patentizaron los conductos radiculares, se instrumentaron y se calculó la longitud de trabajo real de cada órgano dental, además se estandarizó el conducto con fresas Gates



**Figura 3:** Órgano dental seccionado de los 3mm apicales y sin corona, estandarizado a 10mm.



**Figura 2:** Órgano dental sin restos de tejido orgánico y tejidos mineralizados.

Glidden (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) desde el foramen con la fresa Gates #1 aumentando el calibre cada 1mm hasta llegar a la fresa Gates #5 (Figura 4).

g) En el transcurso de la instrumentación del conducto radicular, se irrigó entre cada lima con 1ml de NaOCl al 5.25% para evitar que se obstruyera el conducto, haciendo movimientos de entrada por salida.

h) Enseguida los órganos dentales se lavaron con agua destilada por 5 minutos.

i) En la parte externa de cada órgano dental se le colocaron dos capas de barniz para uñas, se le colocó un tapón de cera en la porción apical para evitar que se obstruyera con barniz, se realizó esto para evitar filtraciones por medio de los túbulos dentinarios.



**Figura 4:**  
Estandarización del conducto con limas Gates Glidden.



**Figura 5:** Frasco con BHI.

j) Todos los especímenes se colocaron en un frasco en el cual con 500ml de agar BHI, esterilizándolos por 30 minutos a una temperatura de 121°C y se incubaron por 48 horas a 37°C (Figura 5).

k) A las 48 horas se observaron los especímenes en el caldo de BHI para observar ausencia de turbidez para controlar la esterilidad (Mittal *et al.*, 2012).

l) Más adelante se inocularon con 25 microlitros de *E. faecalis* los frascos con los órganos dentales.

m) Todos los órganos dentales se incubaron por un total de 2 meses a 37°C.

n) Se dividieron en 5 grupos los órganos dentales de forma aleatoria dependiendo que irrigantes se utilizarían (SmearOFF, Solución salina, NaOCl al 5.25%, NaOCl al 5.25% + EDTA, NaOCl al 5.25% + CHX al 2%) y cada grupo estuvo compuesto por 13 órganos dentales.

- o) Cada órgano dental se irrigó con una jeringa de plástico desechable de 5ml (Ultradent Products Inc. South Jordan, UT, EE.UU.) utilizando una aguja Endo -Eze® (Figura 6). Se colocó hasta 1mm corto del foramen apical. Cada grupo se irrigó mediante:



**Figura 6:**  
Conducto  
irrigado con  
jeringa de  
plástico.

- a. NaOCl al 5.25%: Se irrigó con un volumen de 5ml de solución en cada conducto con una aguja Endo -Eze® y se dejó en el conducto por 30 segundos, al final se realizó una irrigación con solución salina al 0.9% para limpiar el conducto y eliminar el irrigante, por último, se secó el conducto con puntas de papel estériles #50 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).
- b. Solución salina: Se irrigó con un volumen de 5ml de solución en cada conducto con una aguja Endo -Eze® y se dejó en el conducto por 30 segundos, al final se realizó una irrigación con solución salina al 0.9% para limpiar el conducto y eliminar el irrigante, por último, se secó el conducto con puntas de papel estériles #50 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).
- c. SmearOFF: Se irrigó con un volumen de 5ml de solución en cada conducto con una aguja Endo -Eze® y se dejó en el conducto por 30 segundos, al final se realizó una irrigación con solución salina al 0.9% para limpiar el conducto y eliminar el irrigante, por último, se secó el conducto con puntas de papel estériles #50 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).
- d. NaOCl al 5.25% + EDTA 17%: Se irrigó con un volumen de 5ml de NaOCl en cada conducto con aguja una Endo -Eze® y se dejó en el conducto 30 segundos, enseguida se irrigó con 5ml de solución salina al 0.9%, posteriormente se irrigó con un volumen de 5ml de EDTA al 17% cada conducto y se dejó en el conducto por 30 segundos, al final se realizó una irrigación con solución salina al 0.9% para limpiar el conducto y eliminar el irrigante, por último, se secó el conducto con

puntas de papel estériles #50 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

- e. NaOCl al 5.25% + CHX 2%: Se irrigó con un volumen de 5ml de NaOCl cada conducto con una aguja Endo -Eze® y se dejó en el conducto 30 segundos, enseguida se irrigó con 5ml de solución salina al 0.9%, posteriormente se irrigó con un volumen de 5ml de CHX al 2% cada conducto y se dejó en el conducto por 30 segundos, al final se realizó una irrigación con solución salina al 0.9% para limpiar el conducto y eliminar el irrigante, por último, se secó el conducto con puntas de papel estériles #50 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).



**Figura 7:**  
Obtención de polvo dentinario con fresa Gates Glidden #2.

- p) Al terminar la irrigación del conducto, se utilizó una fresa Gates Glidden #2 (Figura 7) se obtuvo polvo dentinario (Figura 8) que cayó dentro de un tubo Eppendorf con 1ml BHI estéril y se incubó por 24 horas a 37°C.

- q) Después de 24 horas se tomó con una micropipeta 10 microlitros de cada uno de los tubos para realizar una siembra en agar BHI.

- r) En una placa se cultivó mediante la técnica de extensión superficial en lo cual consto en:

- a. Se marcaron las cajas se marcaron con los datos necesarios para diferenciarlas antes de inocular.

- b. Se inocularon con 10 microlitros de medio de cultivo contaminado con *E. faecalis* utilizando una micropipeta, distribuyendo el medio con una varilla de vidrio. Se introdujo una caja de inóculo para control de esterilidad. Todas las cajas se colocaron en una incubadora microbiológica a 37°C. (Figura 9).

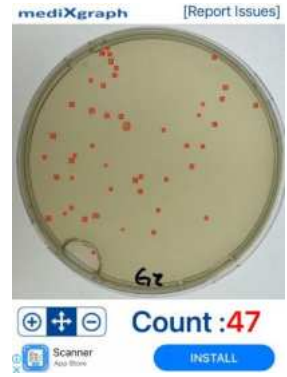


**Figura 8:** Polvo dentinario.



**Figura 9:** UFC después de 48 horas encubadas.

- s) A las 48 horas se tomaron fotografías de las cajas, esto permitió cuantificar la presencia de bacterias en cada grupo.
- t) Para el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) se realizó con el programa CFU.Ai (MedixgraphInc.). (Figura 10).
- u) Los datos recabados se registraron en la base de datos y se analizaron mediante pruebas estadísticas pertinentes utilizando el GraphPad Software Inc.



**Figura 10:** Conteo de las UFC con el programa CFU.Ai.



### **VI.5.1 Análisis estadístico**

La información obtenida se evaluó utilizando la prueba de ANOVA de una vía por medio del programa GraphPad Software Inc. Y comparación múltiple Post Hoc Tukey-Kramer. Esto corresponde a un modelo factorial completo, (se realizaron todas las combinaciones posibles). Se consideró estadísticamente significativo cuando  $p \leq 0.05$ .

## VII. Resultados

Los resultados que se obtuvieron en el procesamiento para identificar la capacidad antimicrobiana del SmearOFF como solución, de los cinco grupos que se estudiaron (NaOCl al 5.25%, Solución salina, EDTA al 17%, SmearOFF, CHX 2%) se muestran en el cuadro 2. En el cuadro 2 se observa que fueron más eficaces contra el *E. faecalis* fueron el CHX, EDTA y el NaOCl al 5.25% en ese orden, mientras que las soluciones que no fueron eficaces en contra del *E. faecalis* fueron la solución salina y el SmearOFF. Con los datos recabados se puede observar una diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, se llevó a cabo una comparación entre las 5 sustancias irrigadoras utilizadas para examinar entre cada uno de ellos, en cuales existía una diferencia estadísticamente significativa y se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 1.** Comparación de los halos de inhibición de *E. faecalis* al utilizar NaOCl al 5.25%, EDTA, SmearOFF, CHX 2%, y Solución Salina.

Grupo	CHX (n=8)	EDTA (n=8)	NaOCl al 5. 25% (n=8)	Solución Salina (n=8)	SmearOFF (n=8)	Valor de p
	X ± DE (Rango)					
Halo de inhibición (mm)	22.10 ± 3.15 (19.43- 22.85)	13.61 ± 3.14 (9.8-17.63)	12.23 ± 3.63 (8.5-20.4)	0 ± 0 (0-0)	0 ± 0 (0-0)	<0.0001

**NaOCl:** Hipoclorito de sodio; **EDTA:** Ácido etilendiaminotetraacético; **CHX:** Clorhexidina, **X:** Promedio; **DE:** Desviación estándar.  
ANOVA de una vía

**Cuadro 2.** Comparación de los halos de inhibición de *E. faecalis* al utilizar NaOCl al 5.25%, EDTA, SmearOFF, CHX 2%, y Solución Salina.

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p
Solución Salina	NaOCl 5.25%	Significativo
Solución Salina	CHX	Significativo
Solución Salina	EDTA	Significativo
Solución Salina	SmearOFF	No Significativo
NaOCl 5.25%	CHX	Significativo
NaOCl 5.25%	EDTA	No Significativo
NaOCl 5.25%	SmearOFF	Significativo
CHX	EDTA	Significativo
CHX	SmearOFF	Significativo
EDTA	SmearOFF	Significativo

Prueba de Tukey-Kramer.

Los resultados que se obtuvieron en el procesamiento para identificar su capacidad antimicrobiana al utilizarse como irrigante de evaluación como irrigante en el conducto radicular en el que se cuantificaron el número de UFC de *E. faecalis* en el que se estudiaron cinco grupos (NaOCl al 5.25%, SmearOFF, Solución salina, NaOCl al 5.25% +EDTA, NaOCl 5.25 + CHX 2%) se muestran en el cuadro 3. En el que podemos observar que las soluciones irrigadoras que fueron más eficaces en la disminución de UFC del *E. faecalis* fueron el NaOCl al 5.25% y el NaOCl 5.25%+EDTA en ese orden. La solución irrigadora SmearOFF fue tan eficaz al disminuir las UFC de *E. faecalis* como el NaOCl al 5.25%. Mientras que la solución salina fue la que obtuvo nula eficacia en contra de *E. faecalis*. Sin embargo, se realizó una comparación entre los 5 irrigantes para observar entre ellos en cual existía una diferencia estadísticamente significativa el cual se muestra en el cuadro 4.

**Cuadro 3.** Comparación de los valores de las UFC de *E. faecalis* cuantificadas en el conducto después de irrigar con las diferentes soluciones

Grupo	Solución salina (n=2)	NaOCl 5.25% (n=5)	NaOCl 5.25% +EDTA (n=10)	NaOCl 5.25 + CHX 2% (n=10)	SmearOFF (n=9)	Valor de p
X ± DE (Rango)						
Numero de UFC de <i>E.</i> <i>faecalis</i>	362.50 ± 154.86 (253-472)	1.8 ± 2.49 (0-6)	3.00 ± 4.11 (0-12)	5.80 ± 6.84 (0-20)	5.56 ± 5.57 (0-15)	<0.0001

**NaOCl:** Hipoclorito de sodio; **UFC:** Unidades Formadoras de Colonias; **EDTA:** Ácido etilendiaminotetraacético; **CHX:** Clorhexidina, **X:** Promedio; **DE:** Desviación estándar.  
ANOVA de una vía

**Cuadro 4.** Comparación de los valores de UFC de *E. faecalis* cuantificadas en el conducto después de irrigar con las diferentes soluciones.

Grupo 1	Grupo 2	Valor de p
Solución salina	NaOCl 5.25 + EDTA	Significativo
Solución salina	SmearOFF	Significativo
Solución salina	NaOCl 5.25 + CHX 2%	Significativo
Solución salina	NaOCl 5.25%	Significativo
NaOCl 5.25 + EDTA	SmearOFF	No Significativo
NaOCl 5.25 + EDTA	NaOCl 5.25 + CHX 2%	No Significativo
NaOCl 5.25 + EDTA	NaOCl 5.25%	No Significativo
SmearOFF	NaOCl 5.25 + CHX 2%	No Significativo
SmearOFF	NaOCl 5.25%	No Significativo
NaOCl 5.25 + CHX 2%	NaOCl 5.25%	No Significativo

Prueba de Tukey-Kramer.

## VIII. Discusión

El tratamiento endodóntico tiene como objetivo prevenir y tratar la periodontitis apical. Varios autores concluyen que una de las causas en el fracaso del tratamiento de conductos que resulta en una periodontitis apical es la presencia de microorganismos residuales tras el tratamiento (infección persistente). La reinfección de un entorno del conducto radicular previamente desinfectado (infección secundaria) también puede conducir al fracaso de la endodoncia (Siqueira *et al.*, 1997; Siqueira *et al.*, 2005). Shuping *et al.*, (2000) concluyeron que para incrementar la acción de desinfección se utilizan diferentes soluciones irrigantes antimicrobianas para obtener un conducto libre de bacterias, por lo cual, en este estudio se utilizaron 5 grupos de soluciones irrigadoras que se utilizan en el tratamiento endodóntico, con el objetivo de establecer cuál de estos presenta una mayor capacidad antimicrobiana contra *E. faecalis*, se cuantificó mediante conteo de UFC y medición del diámetro del halo de inhibición. En ambos procesamientos se determinó que los irrigantes utilizados son estadísticamente significativos ( $p < 0.0001$ ).

Los irrigantes deben desempeñar diversas funciones y, puesto que aún no se ha encontrado el irrigante ideal, se han desarrollado mezclas de dos o más soluciones para combinar sus propiedades deseadas. Un ejemplo son las mezclas de NaOCl y quelantes débiles que ya se han comentado.

Los irrigantes de uso común, como el NaOCl, el EDTA y la CHX, se combinan a veces con tensioactivos para reducir su tensión superficial. Esta idea se deriva de la idea errónea generalizada de que una menor tensión superficial puede mejorar a que el irrigante penetre más fácilmente hasta el tercio apical del conducto radicular (Abou-Rass y Patonai, 1982).

El agregar soluciones tensioactivas no mejorara la actividad antimicrobiana del NaOCl (Baron *et al.*, 2016) ni su capacidad de disolución tisular (Clarkson *et al.*, 2012; De-Deus *et al.*, 2013). Por el contrario, puede incluso acelerar el consumo de su cloro libre disponible (Guastalli *et al.*, 2015). La combinación de CHX con

tensioactivos parece tener un efecto más potente contra la biopelícula que la CHX sola (Shen *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012), pero es probable que esto se deba a que la acción muy débil de la CHX se ve complementada por el efecto antimicrobiano directo del tensioactivo y no por la reducción de la tensión superficial (Wang *et al.*, 2012).

Actualmente existen mezclas disponibles en el mercado, como BioPure MTAD (Dentply Sirona, Charlotte, NC, EE.UU.), Tetraclean (Ogna Laboratori Farmaceutici, Muggiò, Italia) y QMix (Dentply Sirona, Charlotte, NC, EE.UU.), contienen un antimicrobiano, un agente quelante y uno o más tensioactivos. Aunque estas mezclas se han recomendado mayoritariamente para una irrigación final en lugar de EDTA para la eliminación del barrillo dentinario y complementar el efecto antimicrobiano del NaOCl (Giardino *et al.*, 2007; Torabinejad *et al.*, 2003), la evidencia actualmente disponible sugiere que no proporcionan ninguna ventaja clara sobre el uso concertado de EDTA y NaOCl después de la instrumentación (Baumgartner *et al.*, 2007; Dai *et al.*, 2011; Giardino *et al.*, 2007; Malkhassian *et al.*, 2009; Ordinola-Zapata *et al.*, 2012, 2013; Ye *et al.*, 2018).

En el presente protocolo se evaluaron las diferentes sustancias irrigantes simples como NaOCl al 5.25% y solución salina, así como el uso de NaOCl con EDTA y CHX y mezclas entre irrigantes como el SmearOFF (CHX+EDTA). Los resultados fueron que la solución que tuvieron mayor eficacia al reducir el número de UFC fue NaOCl al 5.25% con un promedio de 1.8, en segundo puesto fue NaOCl 5.25%+EDTA con un promedio de 3, el SmearOFF con un promedio de 5.56, posteriormente el NaOCl 5.25+CHX con un promedio de 5.80 y por último la solución salina obtuvo un promedio de 362.5.

Estudios recientes *in vivo* han demostrado claramente que la CHX es un antimicrobiano mucho más débil que el NaOCl, y no puede alterar la matriz de sustancia polimérica extracelular (Busanello *et al.*, 2019; Tawakoli *et al.*, 2017). En el presente estudio, la CHX al 2% y el NaOCl al 5.25% que mostraron un efecto antimicrobiano similar en los dos experimentos frente al *E. faecalis* coincidiendo con

los estudios de Gomes *et al.*, (2013). Sin embargo, la CHX al 2% es un agente menos tóxico e inoloro que el NaOCl (Tanomaru *et al.*, 2002).

En el estudio de Kishen (2008) informo que al utilizar EDTA como irrigante final mostro el máximo número de *E. faecalis*. Se informó de que el EDTA al 15% a pH 7,3 después de 5 minutos producía una zona de desmineralización de 20 a 30  $\mu\text{m}$ , que ocasiona exposición del colágeno, forma un sustrato que es ideal para la adhesión de *E. faecalis* (Makinen *et al.*, 1989; Nallaparedy *et al.*, 2000). Los resultados que se obtuvieron en este trabajo, en el procesamiento para identificar su capacidad antimicrobiana al utilizarse como irrigante mostraron que el NaOCl al 5.25% y el EDTA tuvo la misma capacidad para reducir el *E. faecalis* que los demás irrigantes, y en el procesamiento para identificar la capacidad antimicrobiana como solución tuvo poca eficacia en comparación de NaOCl al 5.25% y CHX al 2%.

En el estudio del procesamiento para identificar la capacidad antimicrobiana al utilizarse como irrigante que se realizó en este trabajo el grupo de SmearOFF se observó que tiene capacidad de reducir la carga de *E. faecalis* y fue similar a los irrigantes como NaOCl al 5.25%, NaOCl al 5.25% +EDTA, NaOCl 5.25 + CHX 2%, es semejante a la investigación de Tandon *et al.*, (2022) en el que la utilización de SmearOFF como irrigante final provocó una reducción significativamente mayor de la carga bacteriana de *E. faecalis* y *F. nucleatum* en comparación con NaOCl al 2%. La eficacia antibacteriana de SmearOFF podría atribuirse a su capacidad para interrumpir las interacciones que intervienen en la reticulación de la matriz de la biopelícula e interrumpir las fuerzas de cohesión de la matriz extracelular de las bacterias, lo que aumenta su permeabilidad de membrana (Palazzi *et al.*, 2012). La composición contiene EDTA, que tiene capacidad de eliminar el barrillo dentinario, y de detergente, que reduce la tensión superficial, así como la viscosidad del fluido, lo que aumenta su acción antibacteriana (Palazzi *et al.*, 2012; Giardino *et al.*, 2006).

A diferencia del estudio del procesamiento para identificar la capacidad antimicrobiana como solución en el que el grupo de SmearOFF no presentó acción antibacteriana en comparación a los demás irrigantes utilizados, esto podría deberse por la turbulencia que se genera al realizar la irrigación con aguja Endo -

Eze® dentro del conducto radicular, lo que provoca un desprendimiento de las bacterias que se encuentran adheridas en las paredes del sistema de conductos radicular y este proceso ocasiona la reducción de bacterias, tal y como se comprueba en el estudio de Chow *et al.*, (1983).



## **IX. Conclusiones**

El presente estudio determinó que el SmearOFF no tiene efecto antibacteriano contra el *E. faecalis* al utilizarse como irrigante endodóntico comparado con NaOCl al 5.25%, NaOCl 5.25% + CHX, NaOCl 5.25% + EDTA.

El SmearOFF no tiene efecto antimicrobiano contra el *E. faecalis*, pero tiene la misma capacidad de disminuir la carga bacteriana que las soluciones irrigantes utilizadas en este estudio.

## **X. Propuestas**

- Se propone investigar la interacción bioquímica entre la solución SmearOFF y NaOCl para observar si se forma el precipitado de Para-cloroanilina.
- Se propone investigar sobre si el SmearOFF tiene capacidad de disolver tejido orgánico.
- Se propone investigar sobre su acción bactericida sobre otras bacterias comunes que se encuentran en el conducto radicular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abou-Rass M., Patonai, F. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *O Surg, O Med, O Path* 1982, 53, 524–526.

AlShwaimi, E., Bogari D., Ajaj R., Al-Shahrani S., Almas K., Majeed A. *In Vitro* Antimicrobial Effectiveness of Root Canal Sealers against *Enterococcus faecalis*: A Systematic Review. *J Endod* 2016, 42(11), 1588–1597.

Alves F., Almeida B., Neves M., Moreno J., Rocas I., Siqueira J. Disinfecting oval-shaped root canals: Effectiveness of different supplementary approaches. *J Endod* 2011, 37, 496–501.

Arslan H., Uygun A., Keskin A. Evaluation of orange-brown precipitate formed in root canals after irrigation with chlorhexidine and QMix and spectroscopic analysis of precipitates produced by a mixture of chlorhexidine/NaOCl and QMix/NaOCl. *Int Endod J* 2015; 48:1199–203.

Ates M., Akdeniz B., Sen B. The effect of calcium chelating or binding agents on *Candida albicans*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 100: 626–630.

Baro A., Lindsey K., Sidow J., Dickinson D., Chuang A., McPherson J. Effect of a benzalkonium chloride surfactant-sodium hypochlorite combination on elimination of *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2016, 42, 145–149.

Basrani R., Manek S., Sodhi R., Fillery E., Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *J Endod* 2007; 33: 966–969.

Basrani B., Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic topics*.2012, 27(1), 74-102.

Bergenholtz G. Micro-organisms from necrotic pulp of traumatized teeth. *Odont Revy* 1974; 25:347–58.

Bukiet F., Couderc G., Camps J. Wetting properties and critical micellar concentration of benzalkonium chloride mixed in sodium hypochlorite. *J Endod* 2012; 38:1525–9.

Busanello F., Petridis X., So M., Dijkstra R., Sharma P., van der Sluis., L. Chemical biofilm removal capacity of endodontic irrigants as a function of biofilm structure: optical coherence tomography, confocal microscopy and viscoelasticity determination as integrated assessment tools. *J Endod J* 2019, 52, 461–474.

Campoverde J., Marcalupo S., Gálvez J. 2da Sesión Científica Odontológica: Departamento de Investigación. *F Piloto de Odontología* 2020, 218-229.

Casadevall A., Pirofski L. Virulence factors and their mechanisms of action: the view from a damage response framework. *J Water Health* 2009; S2-18.

Chow T. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983; 9:475-9.

Clarkson R., Podlich H., Moule A. Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on the active chlorine content of sodium hypochlorite solutions when mixed in various proportions. *J Endod* 2011; 37:538–43.

Clarkson R., Kidd B., Evans G., Moule A. The effect of surfactant on the dissolution of porcine pulpal tissue by sodium hypochlorite solutions. *J Endod* 2012, 38, 1257–1260.

Dai L., Khechen K., Khan S. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J Endod* 2011, 37, 80–84.

De-Deus G., de Berredo Pinho M., Reis C., Fidel S., Souza E., Zehnder M. Sodium hypochlorite with reduced surface tension does not improve *in situ* pulp tissue dissolution. *J Endod* 2013, 39, 1039–1043.

Dunavant T., Regan J., Glickman G., Solomon E., Honeyman A. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod* 2006, 32, 527–531.

Engström B. The significance of enterococci in root canal treatment. *Odontol Revy* 1964; 15:87–106

Fernandes K., Silva B., Boer N., Mandarini D., Moreti L., Kato A., Bueno C., Limoeiro A., Pinheiro S., Martin A., Fontana C. The Effectiveness of Three Irrigation Systems in the *Enterococcus faecalis* Reduction after Instrumentation with a Reciprocating Instrument. *Eur J Dentistry*, 2020;14(4):539-543.

Giardino L., Ambu E., Savoldi E., Rimondini R., Cassanelli C., Debbia., E. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, MTAD, and Tetraclean against *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod* 2007, 33, 852–855.

Gill A., Holley R. Disruption of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Lactobacillus sakei* cellular membranes by plant oil aromatics. *International J Food Microbiology*. 2006; 108:1–9.

Goldman M., Goldman L., Cavaleri R., Bogis J., Sun Lin P. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: part 2. *J Endod* 1982; 8: 487–492.

Gomes B., Ferraz C., Vianna ME., Berber V., Teixeira F., Souza-Filho F. *In vitro* antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2001; 34:424-8.

Gomes B., Vianna M., Zaia A., Almeida J., Souza-Filho F., Ferraz C. Chlorhexidine in endodontics. *Braz Dent J* 2013;24(2):89-102.

Giardino L., Ambu E., Becce C., Rimondini L., Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod* 2006;32(11):1091–3.

Guastalli A., Clarkson R., Rossi-Fedele G. The effect of surfactants on the stability of sodium hypochlorite preparations. *J Endod* 2015, 41, 1344–1348.

Haapasalo M., Udnæs T., Endal U. Persistent, recurrent, and acquired infection of the root canal system post-treatment. *Endod Topics* 2003, 6, 29–56.

Haapasalo M., Shen Y., Qian W., Gao Y. Irrigation in endodontics. *Den Clin North America* 2010, 54(2), 291–312.

Haapasalo M., Qian W., Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. *Endod Topics* 2012; 27: 35–53.

Haapasalo M., Shen Y., Wang Z., Gao Y. Irrigation in endodontics. *Brit D J* 2014, 216(6), 299–303.

Hajo K., Nagaoka S., Ohshima T., Maeda N. Bacterial interactions in dental biofilm development. *J Dent Res* 2009; 88:982-990.

Harrison J. Irrigation of the root canal system. *Den Clin North America* 1984; 28:797– 808.

Hu'lsmann M., Hahn W. Complications during root canal irrigation: literature review and case reports [review]. *Int Endod J* 2000; 33:186–93.

Hu'lsmann M., Heckendorff M., Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003; 36: 810–830.

Ingle J., Bakland L. Preparación de la Cavidad Endodóntica. 5<sup>ed</sup>. México, McGrawhill interamericana, S.A; 2004.

Jeansonne M., White R. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod* 1994; 20: 276–278.

Kishen A., Sum C., Mathew S., Lim C. Influence of Irrigation Regimens on the Adherence of *Enterococcus faecalis* to Root Canal Dentin. *J Endod* 2008; 34(7), 850–854.

Krishnan U., Saji S., Clarkson R., Laloo R., Moule A. Free active chlorine in sodium hypochlorite solutions admixed with Octenidine, SmearOFF, Chlorhexidine, and EDTA. *J Endod* 2017; 43(8), 1354–1359.

Kolosowski K., Sodhi R., Kishen A., Basrani B. Qualitative analysis of precipitate formation on the surface and in the tubules of dentin irrigated with sodium hypochlorite and a final rinse of chlorhexidine or QMiX. *J Endod* 2014; 40:2036–40.

Love R., Jenkinson H. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002; 13:171-183.

Marchesan M., Pasternak Junior B., Afonso M., Sousa-Neto M., Paschoalato C. Chemical analysis of the flocculate formed by the association of sodium hypochlorite and chlorhexidine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 103: 103–105.

Ma J., Wang Z., Shen Y., Haapasalo M. A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *J Endod* 2011; 37: 1380–1385.

Makinen P., Clewell D., An F., Mäkinen K. Purification and substrate-specificity of a strongly hydrophobic extracellular metalloendopeptidase (“gelatinase”) from *Streptococcus-faecalis* (Strain 0g1-10). *J Biol Chem* 1989; 264:3325–34.

Mcdonnell G., Russell D. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *C Microbiology Reviews* 1999; 12:147–79.

Mittal R., Singla M., Garg A., Gupta S., Dahiya V. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of MTAD, oxytetracycline, sodium hypochlorite and

chlorhexidine against *Enterococcus faecalis*: An *ex-vivo* study. *Saudi Endod J* 2012;(2), 70-74.

Menezes M., Valera M., Jorge A., Koga-Ito C., Camargo C., Mancini M. *In vitro* evaluation of the effectiveness of irrigants and intracanal medicaments on microorganisms within root canals. *Inter Endod J*, 2004 37, 311–319.

Möller A. Microbial examination of root canals and periapical tissues of human teeth. *Odontol Tidskr* 1966;74(suppl):1–380.

Munson M., Pitt-Ford T., Chong B., Weightman A., Wade WG. Molecular and cultural analysis of the microflora associated with endodontic infections. *J Dental Research* 2002; 81:761–6.

Nair P. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit Rev Oral Biol Med* 2004; 15:348-381.

Nallapareddy S., Qin X., Weinstock G., Höök M., Murray B. *Enterococcus faecalis* adhesin, ace, mediates attachment to extracellular matrix proteins collagen type IV and laminin as well as collagen type I. *Infect Immun* 2000;68:5218 –24.

Nocca G., Ahmed H., Martorana G. Chromographic analysis and cytotoxic effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite reaction mixtures. *J Endod* 2017; 43:1545–52.

Nosrat A., Bolhari B., Sharifian M., Aligholi M., Mortazavi M. The effect of Carvacrol on *Enterococcus faecalis* as a final irrigant. *Iran Endod J* 2009;4(3):96-100.

Nowicki J., Sem D. An *in vitro* spectroscopic analysis to determine the chemical composition of the precipitate formed by mixing sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J Endod* 2011; 37:983–8.



Ok E., Adanir N., Hakki S. Comparison of cytotoxicity of various concentrations organum extract solution with 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite. *Eur J Dentistry* 2015; 9:6-10.

Ordinola-Zapata R., Bramante C.M., Garcia R.B., Bombarda de Andrade F., Bernardineli N., Gomes de Moraes I. The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin. *A Odont Scandinavica* 2013, 71, 424–431.

Palazzi F., Morra M., Mohammadi Z., Grandini S., Giardino L. Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants. *Int Endod J* 2012;45(2):129–35.

Palmer R. Jr. Composition and development of oral bacterial communities. *Periodontology* 2000, 2014, 64(1), 20–39.

Ricucci D., Siqueira J. Biofilms and apical periodontitis: Study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod* 2010, 36, 1277–1288.

Rossi-Fedele G., Dogramaci E., Guastalli AR. Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *J Endod* 2012;38: 426–31.

Sen H., Akdeniz B., Denizci A. The effect of ethylenediamine-tetraacetic acid on *Candida albicans*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90: 651–655.

Shen Y., Stojicic S., Haapasalo M. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. *J Endod* 2011, 37, 657–661.

Shuping GB., Orstavik D., Sigurdsson A., Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 2000;26(12):751-755.

Siqueira J., Machado A., Silveira R. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, *in vitro*. *Int Endod J* 1997 30: 279-282.

Siqueira J., Batista M., Fraga R. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod* 1998 24: 414-416.

Siqueira, J., Rocas I. Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: A quest for predictability. *Aust Endod J*, 2011, 37, 92–98.

Siqueira J. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth fail. *Int Endod J* 2001; 34: 1-10.

Siqueira J., Rôças I., Favieri A., Lima K. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod* 2000;26(6), 331–334.

Siqueira J. Reaction of periradicular tissues to root canal treatment: benefits and drawbacks, *Endod. Topics* 2005;10: 123-147.

Siqueira J., Rôças I. Present status and future directions in endodontic microbiology. *Endod Topics* 2014; 30:3-22.

Siqueira, J., Antunes H., Rôças I., Rachid C. Alves F. Microbiome in the apical root canal system of teeth with post-treatment apical periodontitis. *PLoS One* 2016, 11, e0162887.

Stojicic S., Shen Y., Qian W., Johnson B., Haapasalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *Int Endod J* 2012; 45: 363–371.

Stuart C., Schwartz S., Beeson T., Owatz CB. “*Enterococcus faecalis*”: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod* 2006;32: 93–8

Sundqvist G., Fidgor D. Life as an endodontic pathogen. Ecological differences between the untreated and root-filled root canals. *Endod Topics* 2003; 6:3-28.

Sundqvist G., Fidgor D., Persson S., Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85:86–93.

Susin L., Liu Y., Yoon J., Parente J., Loushine R., Ricucci D., Bryan T., Weller R., Pashley D., Tay F. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int Endod J* 2010, 43, 1077–1090.

Swimberghe R., Coenye T., De Moor R., Meire M. Biofilm model systems for root canal disinfection: a literature review. *Int Endod J*, 2019a, 52, 604–628.

Tandon J., Taneja S., Bhalla V., Jain A. Evaluation of Bacterial Reduction at Various Stages of Endodontic Retreatment After Use of Different Disinfection Regimens: An *in vivo* Study. *Eur Endod J* 2022 Oct;7(3):210-216.

Tanomaru Filho M., Leonardo M., Silva L., Anibal E., Faccioli L. Inflammatory response to different endodontic irrigating solutions. *Int Endod J* 2002; 35:735-9.

Tawakoli P., Ragnarsson K., Rechenberg D., Mohn D., Zehnder M. Effect of endodontic irrigants on biofilm matrix polysaccharides. *Int Endod J* 2017 50, 153–160.

Thomas J., Sem D. An *in vitro* spectroscopic analysis to determine whether parachloroaniline is produced from mixing sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J Endod* 2010; 36:315–7.

Torabinejad M., Khademi A., Babagoli J. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod* 2003, 29, 170–175.

Turnbaugh P., Ley R., Hamady M., Fraser-Liggett C., Knight R., Gordon J. The human microbiome project. *Nature* 2007, 449(7164), 804–810.

Vahdaty A., Pitt Ford T., Wilson R. Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules *in vitro*. *Endod Dent Traumatol* 1993; 9: 243–248.

Vera J., Siqueira J., Ricucci D., Loghin S., Fernández N., Flores B., Cruz A. One-versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. *J Endod* 2012; 38:1040-1052.

Wade W. The oral microbiome in health and disease. *Pharma research*, 2013,69(1), 137–143.

Wang Z., Shen Y., Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod* 2012; 38: 1376–1379.

Weiger R., Axmann-Krcmar D., Löst C. Prognosis of conventional root canal treatment reconsidered. *Endod Dent Traumatol* 1998; 14:1–9.

Ye W., Fan B., Purcell W. Anti-biofilm efficacy of root canal irrigants against *in-situ* *Enterococcus faecalis* biofilms in root canals, isthmuses and dentinal tubules. *J Dentistry* 2018, 79, 68–76.

Zandi H., Kristoffersen A.K., Ørstavik D., Rôças I., Siqueira J. Enersen M. Microbial analysis of endodontic infections in root-filled teeth with apical periodontitis before and after irrigation using pyrosequencing. *J Endod* 2018, 44, 372–378.

Zhang C., Du J., Peng Z. Correlation between *Enterococcus faecalis* and persistent intraradicular infection compared with primary intraradicular infection: a systematic review. *J Endod* 2015; 41:1207–13.

Zehnder M., Kosicki D., Luder H. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *O Surgery, O Medicine, O Pathology and O Radiology*, 2002;94:756–62.

Zehnder M., Schmidlin P., Sener B., Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod* 2005; 31: 817–820.

Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod*, 2006, 32(5), 389–398.