



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Comparación de la efectividad en la desinfección y
remoción de barrillo dentinario de tres Técnicas de
irrigación en Endodoncia

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

ESPECIALISTA EN ENDODONCIA

P R E S E N T A:

BETTY PAMELA BARRENO NARANJO

TUTOR: Esp. ENRIQUE CHÁVEZ BOLADO

ASESOR: Dr. VICTOR IRAHUÉN GARCÍA PÉREZ

Comparación de la efectividad en la desinfección y remoción de barrillo dentinario de tres técnicas de irrigación en Endodoncia.

Betty Pamela Barreno Naranjo*, Enrique Chávez Bolado[§], Víctor Irahúen García Pérez **

Resumen

Introducción: La biopelícula bacteriana es la etiología principal de la periodontitis apical. Los diferentes sistemas de instrumentación no logran contactar la totalidad de las paredes dentinarias por lo que, las técnicas de irrigación son indispensables durante el tratamiento. El propósito de este estudio fue evaluar la efectividad del Anillo HBW en la remoción de biopelícula bacteriana y barrillo dentinario en comparación con la irrigación convencional con jeringa (ICJ) e irrigación ultrasónica pasiva (IUP) con U-file (NSK Europa GmbH, Eschborn, Alemania), usando un modelo estático de biopelícula monoespecie. **Métodos:** Se seleccionaron 32 dientes humanos extraídos unirradiculares. Se realizó una grieta apical artificial y estandarizada en el tercio apical del conducto radicular. Se empleó un modelo de biopelícula de 21 días de *Fusobacterium nucleatum subsp. nucleatum*. Los dientes se instrumentaron con Protaper Universal (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza) hasta una lima F4 (40/07). Se asignaron aleatoriamente a 3 grupos experimentales (n=10) de acuerdo con la técnica de irrigación. Se aplicaron tres técnicas diferentes (ICJ, IUP con U-File e IUP con Anillo HBW) para posteriormente observar las muestras bajo microscopía electrónica de barrido. Se tomaron imágenes dentro de la grieta apical en el tercio coronal y apical, y se evaluó la presencia de bacterias remanentes y el área de túbulos dentinarios permeables. **Resultados:** La formación de biopelícula bacteriana madura fue observada en las muestras control después de 21 días. La IUP con U-File y Anillo HBW mostraron mejor eficacia en la remoción de biopelícula y barrillo dentinario en tercio coronal y apical de la grieta, en comparación con la ICJ (p<0.05). Tras el análisis, no hubo diferencia significativa entre la IUP con U-File y Anillo HBW. **Conclusiones:** La IUP con Anillo HBW y la IUP con U-File son técnicas igual de efectivas para la remoción de biopelícula bacteriana y la obtención de túbulos dentinarios permeables dentro de irregularidades anatómicas de difícil acceso.

Palabras clave

Técnicas de irrigación, biopelícula, barrillo dentinario, irrigación convencional con jeringa, irrigación ultrasónica pasiva, Anillo HBW.

*Alumno de la especialidad de Endodoncia, FO UNAM.

§ Esp. Profesor DEPEI FO UNAM especialidad de Endodoncia.

** Dr. Profesor Laboratorio Genética Molecular DEPEI FO UNAM.

Vo Bo.
Enrique Chávez Bolado

Vo. Bo.
Víctor Irahúen García Pérez

Vo Bo
García Pérez Víctor I.
14/oct/2019
1

Summary

Introduction: Biofilm is the main etiology of apical periodontitis. Even with the use of modern file systems, some areas of the canal wall surface remain untouched. Different irrigation techniques have been proposed aiming at better disinfection protocol. The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of the HBW Ring in the removal of bacterial biofilm and smear layer compared to conventional needle irrigation (CNI) and passive ultrasonic irrigation (PUI) with U file (NSK Europe GmbH, Eschborn, Germany), using a static mono-specie biofilm model. **Methods:** Thirty-two extracted human single-rooted teeth were selected. An artificial and standardized groove was made in the apical segment of the root canal wall. A 21-day biofilm model of *Fusobacterium nucleatum* subsp. *nucleatum* was used. The teeth were instrumented using Protaper Universal (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland) to file F4 (40/07) and were randomly assigned to 3 experimental groups (n = 10) according to the final irrigation technique. Three different techniques (CNI, PUI with U-File and PUI with HBW Ring) were applied to subsequently observe the samples under scanning electron microscopy. Images were taken in the coronal and apical third inside the groove to evaluate the presence of remaining bacteria and the area of permeable dentinal tubules. **Results:** The formation of mature bacterial biofilm was observed in the control samples after 21 days. The IUP with U-File and HBW Ring showed better efficacy in the removal of biofilm and smear layer in the coronal and apical third of the groove compared to the ICJ (p <0.05). No statistical differences were found between PUI using U-File and HBW Ring. **Conclusions:** The PUI using the HBW Ring and the PUI using U-File are equally effective techniques that allow the removal of bacterial biofilm and the obtaining of permeable dentinal tubules within anatomical irregularities of difficult access.

Key words:

Irrigation techniques, biofilm, smear layer, conventional needle irrigation, passive ultrasonic irrigation, HBW Ring.

Introducción

Desde hace más de un siglo atrás, Miller demostró la presencia de diferentes tipos de bacterias en la cavidad oral (1). Sin embargo, se desconocía el papel de los microorganismos en el desarrollo de la necrosis pulpar y de la periodontitis apical. En 1965, Kakehashi et al realizaron un estudio en ratas libres de gérmenes y contaminadas. Se demostró histológicamente que aquellas esterilizadas no presentaron lesión periapical tras la exposición pulpar al medio oral, mientras que las ratas convencionales desarrollaron enfermedad pulpar y periapical. Esto confirmó la etiología bacteriana de la periodontitis apical (2). Moller en 1966 demuestra la presencia de bacterias anaerobias estrictas y su importancia en la patología pulpar y periapical (3).

Desde entonces, se han identificado diferentes microorganismos en los conductos radiculares infectados causantes de la periodontitis apical (PA) y cuya prevalencia depende del tipo de infección endodóncica. En una infección primaria dominan bacterias anaerobias estrictas y facultativas como *P. intermedia*, *P. nigrescens*, *P. tannerae*, *P. baroniae*, *P. denticola*, *P. gingivalis*, *P. endodontalis*, *T. forsythia*, *F. nucleatum*, *T. denticola*, *T. socranskii*, *P. micra*. En el caso de la infección secundaria han sido detectadas especies como *E. faecalis*, *S. anginosus*, *S. mitis*,

la infección endodóncica está causada por filotipos no cultivables como *Dialister*, *Olsenella*, *Cytophaga*, *Solobacterium*, entre otros (5). Estos microorganismos pueden encontrarse como células libres o adheridas a la superficie dentinaria del sistema de conductos radiculares (SCR) en forma de biopelícula. Las bacterias en estado planctónico pueden ser eliminadas fácilmente con los procedimientos clínicos, sin embargo, la remoción de la biopelícula bacteriana es más compleja. La biopelícula es una estructura altamente organizada que consiste en células bacterianas envueltas en una matriz extracelular de polisacáridos, unidas a un sustrato o interfaz (6). La matriz extracelular ofrece protección frente al estrés ambiental como cambios en el pH, choque osmótico, radiación UV y desecación. Así también provee un medio adecuado para las mutaciones, incrementando su sobrevivencia. Es así como los organismos residentes muestran un fenotipo alterado con respecto al crecimiento y la transcripción genética. Pueden ser entre 100 a 1000 veces más resistentes frente a los agentes antimicrobianos y los mecanismos de defensa de huésped en comparación con especies planctónicas (6-7).

Además del factor bacteriano, es necesario considerar la presencia del barrillo dentinario formado tras el corte de la dentina durante la instrumentación. Consiste en una capa de 2 a 5 μm (8), amorfa, irregular y granular que contiene partículas orgánicas e inorgánicas, proteínas coaguladas, restos tisulares, hongos, bacterias y sus toxinas (9) por lo que puede actuar como sustrato y medio de nutrientes para el desarrollo de la biopelícula bacteriana (10). Puede penetrar dentro de los túbulos dentinarios a una profundidad de 40 a 110 μm debido a fuerzas capilares (11,12). Su importancia radica en que, al no ser eliminada, es un reservorio de microorganismos e interfiere en el sellado de los materiales de obturación permitiendo microfiltración (9).

De ahí que, los objetivos del tratamiento de conductos, además de disolver tejido pulpar, son la desorganización de la biopelícula, neutralización de endotoxinas y la remoción del barrillo dentinario. Para lo cual se realiza la preparación quimio-mecánica del SCR empleando soluciones irrigantes y de ser necesario, medicación intraconducto. Varios estudios han demostrado que los diferentes sistemas de instrumentación dejan intacto entre el 30% al 50% de las paredes de los conductos, enfatizando la importancia de las técnicas de irrigación (13-17).

Actualmente, el hipoclorito de sodio es el desinfectante más comúnmente empleado debido a su capacidad para disolver tejido vital y necrótico, actuar como antimicrobiano y lubricar (6). Se emplea a concentraciones que varían entre 0.5 a 6%, siendo todas efectivas como antimicrobiano. Su actividad es mejorada con el aumento de temperatura, aumento del volumen, disminución del pH y empleo de métodos de activación o agitación (6,18).

La variabilidad anatómica del SCR y la naturaleza compleja de las biopelículas hace que la irrigación convencional con jeringa (ICJ) no sea suficiente. A lo largo de los años, se han desarrollado mecanismos de activación de irrigantes cada vez más efectivos, como la activación ultrasónica, desinfección activada por láser y emulsión

años, se han desarrollado mecanismos de activación de irrigantes cada vez más efectivos, como la activación ultrasónica, desinfección activada por láser y emulsión de microburbujas (6,19). La activación ultrasónica (ej. Irrigación ultrasónica pasiva IUP) ha demostrado un incremento en la penetración del irrigante y la producción de fuerzas de corte a lo largo del conducto, facilitando la disolución tisular, el desalojo de la biopelícula y la eliminación del barrillo dentinario en comparación con la ICJ (20-24).

Recientemente se introdujo el Anillo HBW como un aditamento auxiliar para la activación ultrasónica del irrigante. Es una punta en forma de anillo abierto o cerrado que se adapta a la unidad del ultrasonido y se coloca alrededor de instrumentos endodóncicos (ej. limas manuales) para transmitir el efecto ultrasónico. Se emplea durante la realización del acceso endodóncico, instrumentación, irrigación, retiro de instrumentos separados, permeabilización de conductos calcificados, eliminación de escalones y taponamientos apicales (25).

La mayoría de los estudios respecto a la irrigación en endodoncia analizan únicamente la remoción del barrillo dentinario o la eliminación de bacterias cultivadas sobre membranas, discos de vidrio o plásticos, por un tiempo de horas o pocos días. Sin embargo, estos modelos de estudio no reflejan la complejidad de la anatomía del SCR y de la remoción tanto del barrillo dentinario como de la biopelícula bacteriana madura, ambos factores a considerar como parte de la limpieza durante el tratamiento de conductos. Además, actualmente existe poca información del Anillo HBW y no hay publicaciones que lo comparen con otros sistemas, por lo que es necesario realizar estudios que permitan conocer la eficacia de esta técnica. El objetivo de este estudio es comparar la efectividad en la desinfección y remoción de barrillo dentinario de tres técnicas de irrigación: la ICJ, la IUP con U-File y la IUP con el Anillo HBW. Se empleó un modelo estático de biopelícula monoespecie en dientes humanos unirradiculares extraídos con una grieta artificial y estandarizada en el tercio apical, y se observó con microscopía electrónica de barrido (MEB). La hipótesis nula fue que no hay diferencia en la efectividad en la desinfección y remoción de barrillo dentinario entre las técnicas de IUP con Anillo HBW e IUP con U-File.

Métodos

Selección de las muestras y estandarización de la longitud de trabajo

Se usaron un total de 32 muestras (error $\alpha = 0.05$, poder = 0.8) de dientes extraídos unirradiculares entre premolares e incisivos superiores con coronas intactas, ápices cerrados, longitud radicular de al menos 20 mm y un diámetro apical de máximo 0.15 mm. Se confirmó la configuración de un solo conducto mediante el empleo de radiografías en sentido buco-lingual y mesio-distal, y magnificación de 4x con microscopio dental (OPMI Pico de Carl Zeiss). Se almacenaron en solución salina hasta ser empleados.

De acuerdo a un protocolo descrito previamente (26), se realizó el acceso cameral y se confirmó un diámetro apical estandarizado de los conductos con la introducción estrecha de una lima K #15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza). Se cortaron las cúspides de referencia hasta obtener una longitud total de 20 mm. La longitud de trabajo se determinó 1 mm corto del foramen apical, a 19 mm.

Estandarización del diámetro apical y corte transversal

Para estandarizar de manera más exacta la geometría apical, los conductos fueron instrumentados con el sistema rotatorio Protaper Universal hasta la lima S2 (20/0.4) como describe la casa comercial (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suiza). Se realizaron cortes transversales en sentido vestibulo - lingual empleando un disco de diamante, nitrógeno y un cincel. Se realizó una muesca longitudinal, con un disco de diamante, tanto en vestibular como lingual circundando el conducto, sin penetrarlo. Se congelaron las muestras en nitrógeno por 2 minutos y las mitades de cada muestra se separaron con el empleo de un cincel y un solo golpe. Las mitades fueron examinadas bajo magnificación para confirmar su correcta aproximación. Los dientes cuyas mitades no pudieron unirse después del corte longitudinal fueron eliminados.

Estandarización de la grieta apical

Bajo magnificación de 4x (OPMI® pico, Carl Zeiss Meditec AG, Alemania), en la mitad del diente en donde el conducto se observaba con claridad, se fresaron 4 marcas a 2, 3, 4 y 5 mm desde el ápice de cada mitad (con la ayuda de una guía de acetato) como puntos de referencia para identificar el tercio apical, medio y coronal de la ranura. Se realizó una ranura de 3 mm de largo, 0,2 mm de ancho y 0,5 mm de profundidad (Figura 1), con una fresa de diamante de fisura pre medida, en cada conducto a 2 mm del ápice para simular una aleta (Figura 2) (19).

Sistema apical cerrado

Las mitades fueron unidas con una bolita de cera de aproximadamente 5 mm de diámetro colocada en el ápice radicular. Después, las mitades del diente unidas por la cera fueron cubiertas por silicona Elite Double 22 (Zhermack S.p.A, Italia) empleando una caja de 24 pozos, formando cilindros de silicona con el modelo de la anatomía de cada diente (Figura 3). Los cilindros se emplearon para facilitar una reaproximación precisa de las mitades, asegurar el diente durante el tratamiento y simular *in vivo* un sistema apical cerrado que crea el efecto de bloqueo de vapor apical que interfiere con el flujo del irrigante, tal como lo indica Tay et al (27).

Crecimiento de la biopelícula en el conducto radicular

Para la remoción del barrillo dentinario, las mitades fueron retiradas del cilindro de silicona y separadas para ser irrigadas con NaOCl al 5,25% por 3 minutos, suero fisiológico por 30 segundos, EDTA 17% por 3 minutos y agua destilada por 30 segundos. Este protocolo se realizó dos veces.

Se utilizó una cepa estandarizada de *Fusobacterium nucleatum* subsp. *nucleatum* para la formación in vitro de la biopelícula. La cepa se adquirió como cultivo liofilizado del American Type Culture Collection (ATCC, Rockville, MD, USA), se rehidrató en caldo para Mycoplasma y se cultivó en agar enriquecido HK (agar base para Mycoplasma) (Becton Dickinson, Microbiology Systems, BBL®, Sparks, MD, USA) suplementado con 5% de sangre de carnero desfibrinada (Laboratorios Microlab S.A. de C.V., México, D.F.), 0.3 µg/ml de menadione (vitamina K, Sigma-Aldrich Química, S.A. de C.V., Toluca, México), 5 µg/ml de hemina (Sigma). La cepa se ajustó a 10⁹ CFU/ml.

Los conductos radiculares preparados se conservaron en cajas de 12 pozos. Posteriormente se co-cultivaron a una concentración de 10⁷ CFU/ml (30 µl) junto con 3 ml de Mycoplasma como medio de cultivo. Todos los pozos se incubaron a 37°C por 21 días dentro de una cámara de anaerobiosis con ambiente de 80% N₂, 10% CO₂ y 10% H₂. Se cambió el medio una vez cada 7 días.

Instrumentación del conducto radicular e irrigación

Después de obtener el crecimiento de la biopelícula, las mitades de los dientes fueron unidas y colocadas en los bloques de silicona. Los conductos se instrumentaron con el sistema rotatorio Protaper Universal con la secuencia descrita por la casa comercial (Dentsply Tulsa Dental) hasta la lima F4 40/.06. Se irrigó con 1 ml de NaOCl 2.5% antes de cada lima y después de la última lima, llevado con una jeringa de 5 ml y aguja de calibre 30-G de salida lateral (NaviTip. Ultradent, South Jordan, UT) a 1 mm de la longitud de trabajo con un total de 5 ml de NaOCl por conducto. El procedimiento fue realizado por el mismo operador.

División de grupos experimentales

Se dividieron los dientes aleatoriamente en 3 grupos experimentales (n=10) y un grupo control (n=2). Todos los conductos fueron irrigados con 3.5 ml de NaOCl al 2.5% antes de cada procedimiento. La cantidad de NaOCl y tiempos de irrigación empleados en cada procedimiento se basaron en el estudio realizado por Van der Sluis (28).

Grupo 1: Los conductos fueron irrigados con la técnica de irrigación convencional con jeringa. Se colocaron 2 ml de NaOCl al 2,5% por 3 veces, cada una con una duración de 40 segundos. Se empleó una jeringa 30-G de salida lateral, a 1 mm corto de la longitud de trabajo. Con un total de 6 ml por 2 minutos.

Grupo 2: Los conductos fueron irrigados con la técnica de IUP con U-File. Se colocó 1 ml de NaOCl al 2,5% en la cámara pulpar y se activó con ultrasonido empleando una punta E12 y lima U-File #15 (NSK Europa GmbH, Eschborn, Alemania) a 1 mm corto de la longitud de trabajo, a una potencia de 3, por 3 veces durante 20 segundos cada una. Después de cada activación se colocó 1 ml sin activación durante 20 segundos, para una duración total de 40 segundos. Con un total de 6 ml por 2 minutos.

Grupo 3: Los conductos fueron irrigados con la técnica de IUP con el Anillo HBW. Se colocó 1 ml de NaOCl al 2,5% en la cámara pulpar y se activó con ultrasonido empleando el anillo HBW y una lima K #15 a 1 mm corto de la longitud de trabajo por 3 veces durante 20 segundos cada una. Después de cada activación se colocó 1 ml sin activación durante 20 segundos, para una duración total de 40 segundos. Con un total de 6 ml por 2 minutos.

En todos los grupos, se realizó una irrigación final con 1 ml de suero fisiológico por 30 segundos y 4 ml de EDTA al 17% por 3 minutos.

Observación con microscopía electrónica de barrido

Los dientes se separaron en sus dos mitades y fueron fijados en glutaraldehído al 2.0% por 24 h a temperatura ambiente. Después fueron lavados tres veces con un buffer de fosfato (pH 7.4) y deshidratadas con etanol en porcentajes seriados de 20, 40, 60, 80 y 100%. Las muestras posteriormente fueron desecadas y cubiertas con oro, para ser observadas usando un microscopio electrónico de barrido (Cambridge – Leica, Stereoscan 440 a 10 y 15 kV).

Para evitar sesgo en la obtención de imágenes, se utilizó un muestreo aleatorio estratificado que consistió en predeterminar la zona interna media de la ranura a 15X, para después aumentar la magnificación en la zona apical y coronal (identificadas por las marcas realizadas previamente) a 1000X y finalmente a 2000X, obteniendo 2 zonas de muestra por cada diente. Las muestras control sin tratamiento fueron también examinadas para confirmar la presencia de biopelícula consistente en el conducto radicular.

Evaluación de imágenes

Se obtuvieron 60 imágenes de electrones secundarios (SE) de los 30 dientes analizados, se transfirieron a una computadora y se analizaron. Se determinó la presencia o ausencia de bacterias y se calculó el área (μm^2) de los túbulos dentinarios permeables con el programa de análisis Image J versión 1.50e (National Institute of Health, Bethesda, MD, USA). Para asegurar la reproducción del método, las imágenes fueron codificadas aleatoriamente y evaluadas por un mismo examinador.

Análisis estadístico

La eficacia en la remoción de la biopelícula es presentada dicotómicamente como ausencia o presencia de bacterias y es descrito como porcentaje. La permeabilidad de los túbulos dentinarios se presenta como la media y error estándar de la superficie en μm^2 libre de barrillo dentinario y se se analizaron con las pruebas estadísticas ANOVA y Pos hoc Bonferroni usando el programa SPSS para Windows 11.0 (SPSS, Chicago, IL).

Resultados

Las imágenes de microscopía electrónica de barrido tomadas en el tercio coronal y apical de la grieta después del tratamiento con las tres técnicas de irrigación se muestran en la Figura 4 y 5. Después de los 21 días de cultivo, se confirmó el crecimiento de biopelícula consistente cubriendo la grieta apical en los dientes control mediante observaciones con MEB a magnificación de 2000x y 5000x (Figura 6). El promedio del área (μm^2) de túbulos dentinarios permeables dentro de la grieta apical de cada grupo se muestra en la Tabla 1.

En el tercio coronal, la ICJ presentó un área de $117,36 \pm 104,71 \mu\text{m}^2$ seguido de la IUP con Anillo HBW con un área de $351,51 \pm 193,42 \mu\text{m}^2$ y la IUP con U-File con un área de $367,25 \pm 265,46 \mu\text{m}^2$ de túbulos dentinarios permeables. No se encontraron diferencias significativas entre la IUP con Anillo HBW e IUP con U-File ($p > 0.05$), sin embargo, sí hubo diferencia significativa entre la ICJ y la IUP con Anillo HBW ($p = 0,03$) y entre la ICJ y la IUP con U-File ($p = 0,02$).

En el tercio apical se observó la misma tendencia. La IUP con U-File seguido por la IUP con Anillo HBW mostraron mejor efectividad que la ICJ en la remoción de barrillo dentinario con un área de $367,25 \pm 265,46 \mu\text{m}^2$ y $345,48 \pm 200,32 \mu\text{m}^2$, respectivamente. No se encontraron diferencias significativas entre la IUP con Anillo HBW e IUP con U-File ($p > 0.05$), sin embargo, sí hubo diferencia significativa entre la ICJ y la IUP con Anillo HBW ($p = 0,05$) y entre la ICJ y la IUP con U-File ($p = 0,03$).

El valor total del área de túbulos dentinarios permeables fue de $106,81 \pm 116,33 \mu\text{m}^2$ para la ICJ, $330,80 \pm 272,21 \mu\text{m}^2$ para la IUP con U-File y de $316,84 \pm 219,91 \mu\text{m}^2$ para la IUP con Anillo HBW.

En cuanto a la presencia o ausencia de bacterias, el 10% de las muestras del grupo de ICJ presentaron bacterias en el tercio coronal y el 20% en el tercio apical. Los grupos de IUP con U-File e IUP con Anillo HBW no presentaron bacterias tanto en coronal como en apical de la grieta.

Discusión

En este estudio se comparó la efectividad en la desinfección y remoción de barrillo dentinario de tres técnicas de irrigación. El modelo empleado en este estudio permite crear condiciones más cercanas a la realidad *in vivo* dado que simula la anatomía radicular compleja y el estado en que las bacterias se encuentran en la infección endodóncica. El modelo de la grieta apical se basó en la propuesta desarrollada por Lin et al para la creación de un surco artificial en tercio apical de dientes extraídos que simule una irregularidad anatómica (26). Se aumentó la profundidad del surco de 0.3 mm a 0.5 mm basados en el estudio de Bellucci y Perrini en donde se reporta un promedio de grosor de la dentina y cemento en tercio apical radicular de incisivos y premolares superiores de 0,95 mm a 1,25 mm respectivamente (29), lo que permitió un mayor desgaste en la zona.

Se desarrolló un modelo estático de biopelícula monoespecie en un ambiente anaerobio empleando la dentina como sustrato. Las condiciones *in vivo* son dinámicas y multi especie, y un modelo similar es necesario para imitar la interacción polimicrobiana causante de la PA. Una biopelícula dinámica simula la acción del exudado que circula dentro y fuera del conducto radicular ante la presencia de necrosis pulpar y PA. Este movimiento permite el intercambio de nutrientes con la biomasa bacteriana, favoreciendo su crecimiento y reproducción. Sin embargo, el flujo del exudado es muy bajo y crea fuerzas de desalojo mínimas que no tienen un efecto significativo en el desarrollo de la biopelícula. Además, dentro de la biopelícula estática las bacterias tienen aporte nutricional suficiente durante las diferentes fases de la incubación (30). Todo esto indica que un modelo de biopelícula estático es un acercamiento válido a la realidad.

Por su parte, las biopelículas monoespecie permiten cierto grado de estandarización de las muestras y reproducción de la metodología. Se cultivó *Fusobacterium nucleatum* subsp. *nucleatum* porque es un bacilo anaerobio Gram – de los más frecuentemente encontrados en infecciones endodóncicas. Se ha aislado o detectado en conductos radiculares con infección primaria y abscesos, y en menor proporción en casos de infección secundaria. Chávez de Paz indica que es considerado un agente causal de reacciones inflamatorias agudas, y que al ser una bacteria Gram - es usualmente eliminada tras el tratamiento de conductos inicial (20). Sin embargo, Siqueira y Rocas indican que existen especies anaerobias como *F. nucleatum*, *C. rectus* y del género *Prevotella* que resisten al procedimiento y son halladas en muestras tratadas previamente o con medicación intraconducto (4).

El tiempo de incubación de las bacterias y la frecuencia del cambio de nutrientes son factores importantes por considerar. Durante las primeras horas, las bacterias se encuentran en fase de crecimiento estacionario y en estado planctónico, siendo menos resistentes frente a agentes desinfectantes. La sensibilidad bacteriana depende, entonces, de la formación de biopelícula y de su maduración (30). Stojicic et al realizaron un estudio para determinar la susceptibilidad de la biopelícula bacteriana a agentes desinfectantes y concluyeron que las biopelículas de 1 a 2 semanas son de alta a moderadamente sensibles a NaOCL 1%, clorhexidina 2% y yoduro de potasio yodado 0.2%-0.4%, eliminando del 20% al 40% de las bacterias. Por el contrario, a las 3 semanas de crecimiento, la biopelícula es más resistente y no se removió completamente (32). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Shen et al, quienes concluyen que las biopelículas desarrolladas por 2 semanas o menos son más susceptibles al efecto de la clorhexidina en exposición de 1, 3 y 10 minutos (33). Por esto, este estudio tuvo un tiempo de crecimiento bacteriano de 21 días con recambios del medio cada 7 días, para obtener una biopelícula madura más resistente que simule la biopelícula de dientes con PA establecida.

La valoración del efecto antibacteriano de agentes y procedimientos terapéuticos puede realizarse con distintas técnicas de análisis como cultivos microbiológicos y el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC), análisis estructural de número y tipo de microorganismos con técnicas de microscopía y la estimación de células viables y muertas (34). El empleo de MEB ha sido criticado debido a la

limitada área obtenida para el análisis, la realización de una valoración solamente topográfica de las estructuras observadas y el posible sesgo durante la selección de las zonas a estudiar. Pese a permitir un análisis solo bidimensional, provee las ventajas de usar magnificación y detalle a alta resolución (35) dentro del conducto y del surco prefabricado, y obtener múltiples observaciones que pueden realizarse a lo largo de toda la muestra (26). Además, es una alternativa para evaluar la presencia de bacterias en muestras donde las técnicas de cultivo no detecten bacterias con baja actividad metabólica (36) y las muestras microbiológicas no alcancen zonas anatómicas de difícil acceso.

En cuanto al barrillo dentinario, su remoción del tercio coronal y medio del conducto radicular no es un problema debido a que el irrigante es llevado fácilmente a esas áreas con una jeringa de diámetro apropiado. Sin embargo, su eliminación es más difícil en el tercio apical cuyo diámetro es más estrecho y hay presencia de curvaturas (30). De ahí la importancia de considerar la presencia de barrillo dentinario en las muestras analizadas. Se han empleado distintos métodos para valorar la eliminación del barrillo dentinario como la observación del número o área de los túbulos dentinarios con MEB o técnicas de microscopía óptica (37, 38). El análisis realizado en este estudio se basó en el área de túbulos dentinarios permeables como un indicador del grado de eliminación de barrillo dentinario del conducto radicular.

Las indicaciones del fabricante del anillo HBW señalan que se utiliza en una técnica dual de instrumentación e irrigación (25). Sin embargo, la instrumentación ultrasónica, en la actualidad, es considerada un técnica clínica poco viable y no ha demostrado ser superior a las técnicas de instrumentación convencionales (13). El instrumento debe contactar intencionalmente con las paredes del conducto para efectuar la preparación mecánica, lo que limita la amplitud del desplazamiento transversal de la lima, disminuyendo la transmisión acústica y la efectividad en la limpieza de la zona (24,39). Además, no existe un control del corte de las limas manuales activadas y hay riesgo de formar escalones, desviaciones y perforaciones durante la preparación (40,41). Por lo tanto, este estudio se enfocó solamente en su efecto en la irrigación.

La eficacia en la eliminación de biopelícula bacteriana de la IUP en comparación con la ICJ ha sido un tema de debate, hay artículos que demuestran que la IUP mejora significativamente la remoción, mientras que otros no determinan una diferencia. Un estudio realizado por Bao, et al determinaron que la IUP muestra una eliminación superior de biopelícula multiespecie con respecto a la ICJ en dientes unirradiculares, rectos y con un modelo de grieta apical (22). Mientras que Bhuva et al no encontraron diferencias significativas en la biopelícula remanente de *Enterococcus faecalis* empleando IUP e ICJ con NaOCl al 1% (42). Las discrepancias de los resultados pueden deberse a las diferencias en la metodología que involucran la anatomía radicular, tipo de bacteria/s y tiempo de incubación, protocolos de irrigación y consideraciones propias de la técnica de ICJ que involucran el diámetro de la aguja y la profundidad de penetración. En este estudio, las tres técnicas de irrigación (ICJ, IUP con U-File y Anillo HBW) favorecieron la

eliminación de la biopelícula bacteriana. Estos resultados se deben a que, durante la ICJ, se empleó una aguja con diámetro pequeño (30-G, 0.30 mm) apropiada para la preparación apical de 0.40 mm, y se colocó a 1 mm corto de la longitud de trabajo, todos parámetros que se han descrito mejoran la eficacia de este método de irrigación (40).

Además, la instrumentación mecánica tiene un papel importante en la reducción bacteriana del conducto radicular infectado. En un estudio realizado por Dalton et al se contaron las bacterias cultivables mediante muestras tomadas antes, durante y después de la instrumentación e irrigación con solución salina, y se encontró una reducción significativa del número de bacterias en el conducto tras la instrumentación tanto manual como mecanizada (43). Así también, Siqueira et al encontraron una reducción de más del 90% de las bacterias con el empleo de solución salina como irrigante (44). Lo que fue confirmado por otro estudio de Siqueira et al quienes reportan que el NaOCl a concentraciones de 1%, 2.55% y 5,25% es 100,000 veces más efectivo que la solución salina en la reducción del número de bacterias del conducto radicular (45). Estos hallazgos concuerdan con el presente estudio e indican que la acción mecánica del procedimiento, por sí sola, remueve considerablemente el número de bacterias y que el empleo de hipoclorito de sodio al 2.5% permite efectuar técnicas aún más efectivas.

En cuanto a la reducción de barrillo dentinario, los grupos de IUP con U-File y Anillo HBW presentaron mejores resultados en comparación con el grupo de ICJ, lo que concuerda con otros estudios y confirma las ventajas del empleo del ultrasonido como un coadyuvante de la irrigación (20,23,46,47). La limpieza encontrada en los grupos con activación ultrasónica se puede atribuir a la generación de transmisión acústica y cavitación, que producen fuerzas de corte a lo largo del conducto y facilitan el desalojo de barrillo dentinario (23,24). Además, las vibraciones favorecen al movimiento constante del irrigante e incrementan su superficie de contacto con la pared del conducto (19,23,28).

El volumen y el tiempo de activación del NaOCl junto con el diámetro de la preparación apical pudieron favorecer a los resultados. En este estudio, el tiempo de activación de NaOCl (1 minuto en total) se basó en la propuesta de Van der Sluis et al, quienes demostraron un efecto acumulativo de la actividad del irrigante con activaciones intermitentes (28), además que, ha demostrado ser suficiente para remover barrillo dentinario de la región apical (48,49). Aunado a esto, la irrigación ultrasónica tiene más efecto en preparaciones con diámetros amplios. Un instrumento oscilando libremente dentro del conducto permite una mejor eficacia del ultrasonido en comparación con un instrumento que contacta las paredes (13,40). Una lima con un diámetro mayor a 0.15/0.20 produce menos transmisión acústica (24), por lo tanto, mientras más delgado es el instrumento, más alta es la frecuencia, la amplitud de desplazamiento, la velocidad de transmisión y la potencia (23).

Por otro lado, los resultados obtenidos discrepan de otros estudios. Rodig et al concluyeron que la irrigación ultrasónica no fue superior en la remoción de barrillo con respecto a la irrigación con jeringa en el tercio apical (50). Sin embargo, la

diferencia en los resultados se debe a que su estudio fue realizado en raíces mesio-bucales de molares inferiores con un grado de curvatura de 38.5°, que limita la amplitud de desplazamiento de la lima activada. En el presente estudio se emplearon dientes sin curvaturas que facilita la penetración del irrigante y de la lima activada. Así mismo, Schmidt et al demostraron que no hay diferencia significativa en la IUP y la ICJ en el tercio apical de dientes unirradiculares con raíces rectas (48). En su protocolo, la irrigación con jeringa se realizó con movimientos de entrada y salida de 2 a 3 mm dentro del conducto, lo que implica una agitación manual del irrigante. Mientras que, en este estudio, la ICJ se realizó de manera pasiva. Por lo que, es importante enfatizar en la necesidad de determinar un protocolo de irrigación ultrasónica estandarizado que permita hacer comparaciones futuras.

Ninguno de los protocolos probados muestra un 100% de remoción de barrillo dentinario. Estos resultados reflejan la dificultad que implica la limpieza del tercio apical y de las diferentes variaciones anatómicas. Lo que concuerda con distintos reportes de la literatura (46,51,52).

Los resultados obtenidos sugieren que la IUP con U-file y Anillo HBW son igual de efectivas en la eliminación de bacterias y barrillo. La ICJ permite la reducción en el número de bacterias, pero su acción es limitada e impide la total limpieza de la pared dentinaria. de este estudio dan una aproximación a las condiciones *in vivo* post tratamiento de las diferentes técnicas de irrigación que pueden ser empleadas en la práctica clínica. Los conductos rectos no son una realidad anatómica, por lo que se debe tener ciertas consideraciones. El anillo HBW permite el empleo de limas manuales pre curvadas que lleguen a la longitud de trabajo en casos de curvaturas. Esto no sólo facilita la activación del irrigante en los milímetros posteriores a la curva, sino que precurvar el instrumento ha demostrado ser más efectivo (53). Por lo que, la relevancia clínica de estudio radica en que el Anillo HBW es una alternativa accesible e igual de efectiva que U-file para la limpieza del SCR. Lo que, a su vez, favorece a una correcta adaptación del material de obturación y limita la microfiltración.

Este estudio sugiere que la IUP con U-File y Anillo HBW son igual de efectivos en la desinfección y remoción de barrillo dentinario. Sin embargo, debido a la ausencia de reportes con respecto al Anillo HBW, es necesario realizar estudios para observar la reproducibilidad de estos resultados en escenarios reales, empleando dientes con curvaturas y preparaciones de menor diámetro.

Conclusiones

De acuerdo con el presente estudio, la irrigación ultrasónica pasiva (IUP) con U-File y Anillo HBW mejoraron significativamente la remoción de la biopelícula bacteriana y barrillo dentinario de la pared del conducto en comparación con la irrigación convencional con jeringa (ICJ). Este trabajo sugiere que la irrigación ultrasónica con Anillo HBW es una alternativa potencial para el protocolo de irrigación del sistema de conductos radiculares.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto PAPPIT IA206418.

Al Dr. Jesús Arenas del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México por su apoyo técnico en la obtención de las imágenes de microscopía electrónica de barrido.

Referencias

1. Miller W. *The Micro-Organisms of the Human Mouth*. 96th ed. Philadelphia: The White Dental MFG Co.; 1890.
2. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1965;20(3):340–9.
3. Moller A. Microbiological examination of root canals and periapical tissues of human teeth. *Odontol Tidskr*. 1966;74(5):1–380.
4. Siqueira JF, Rôças IN. Diversity of endodontic microbiota revisited. *J Dent Res*. 2009;88(11):969–81.
5. Lakshmi Narayanan, L.; Vaishnavi C. Endodontic Microbiology. *J Conserv Dent*. 2016;14(1):10–5.
6. Neelakantan P, Romero M, Vera J, Daood U, Khan AU. Biofilms in Endodontics — Current Status and Future Directions. *Int J Mol Sci*. 2017;18:2–21.
7. Ceri H, Olson ME, Stremick C, Read RR, Morck D. The Calgary Biofilm Device : New Technology for Rapid Determination of Antibiotic Susceptibilities of Bacterial Biofilms. *J Clin Microbiol*. 1999;37(6):1771–6.
8. Brannstrom, M. Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent*. 1974;31:422–30.
9. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics – a review. *Int Endod J*. 2010;43:2–15.
10. Mc Comb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1975;1:238–42.
11. Aktener BO, Cengiz T, Pipkin B. The Penetration of Smear Material into Dentinal Tubules during Instrumentation with Surface-Active Reagents : A Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod*. 1989;15(12):588–90.
12. Cameron JA. The Use of Ultrasonics in the Removal of the Smear Layer : A Scanning Electron Microscope Study. *J Endod*. 1983;9(7):289–92.
13. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *J Endod*. 2006;32(5):389–98.
14. Haga CS. Microscopic measurements of Root Canal Preparations Following Instrumentation. *J Br Endod Soc*. 1968;2(3):41–6.
15. Yang YM, Guo B, Guo LY, Yang Y, Hong X, Pan HY, et al. CBCT-Aided Microscopic and Ultrasonic Treatment for Upper or Middle Thirds Calcified

- Root Canals. *Biomed Res Int*. 2016;12:1–9.
16. Peters OA, Laib A, Go TN, Barbakow F. Changes in Root Canal Geometry after Preparation Assessed by High-Resolution Computed Tomography. *J Endod*. 2001;27:1–6.
 17. Gulabivala K, Patel B, Evans G, Ng Y. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endod Top*. 2005;10:103–22.
 18. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. *J Endod*. 2010;36(5):793–6.
 19. Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *J Endod*. 2009;35(6):791–804.
 20. Blank-goncalves LM, Nabeshima CK, Rosa Martins G, De Lima Machado M. Qualitative Analysis of the Removal of the Smear Layer in the Apical Third of Curved Roots : Conventional Irrigation versus Activation Systems. *J Endod*. 2011;37(9):9–12.
 21. Bronnec F, Bouillaguet S, Machtou P. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen. *Int Endod J*. 2010;43:663–72.
 22. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M. In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. *J Endod*. 2017;43(2):321–5.
 23. Van Der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *Int Endod J*. 2007;40(6):415–26.
 24. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic Debridement of Root Canals : Acoustic Streaming and Its Possible Role. *J Endod*. 1987;13(10):490–9.
 25. Bujanda Wong H. HBW ULTRASONIC RING. 2018. (Comunicación personal)
 26. Lin J, Shen Y, Haapasalo M. A Comparative Study of Biofilm Removal with Hand , Rotary Nickel-Titanium , and Self-Adjusting File Instrumentation Using a Novel In Vitro Biofilm Model. *J Endod*. 2013;39(5):658–63.
 27. Tay FR, Hons B, Gu L, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, et al. Effect of Vapor Lock on Root Canal Debridement by Using a Side-vented Needle for Positive-pressure Irrigant Delivery. *J Endod*. 2010;36(4):745–50.
 28. Van Der Sluis LWM, Vogels MPJM, Verhaagen B, Macedo R, Wesselink PR. Study on the Influence of Refreshment / Activation Cycles and Irrigants on Mechanical Cleaning Efficiency During Ultrasonic Activation of the Irrigant. *J Endod*. 2010;36(4):737–40.
 29. Bellucci C, Perrini N. A study on the thickness of radicular dentine and cementum in anterior and premolar teeth. *Int Endod J*. 2002;35:594–606.
 30. Shen, Ya; Gao, Yuan; Lin, James; Ma, Jingzhi; Wang, Zhejun; Haapasalo M. Methods and models to study irrigation. *Endod Top*. 2013;29(1):18–41.
 31. Chávez De Paz LE. On Bacteria Persisting Root Canal Treatment : Identification and Potential Mechanisms of Resistance to Antimicrobial Measures. Goteborg, Sweden: Goteborg University; 2005. 1-40 p.
 32. Stojicic S, Shen Y, Haapasalo M. Effect of the Source of Biofilm Bacteria , Level of Biofilm Maturation , and Type of Disinfecting Agent on the

- Susceptibility of Biofilm Bacteria to Antibacterial Agents. *J Endod.* 2013;39(4):473–7.
33. Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine against Bacteria in Biofilms at Different Stages of Development. *J Endod.* 2011;37(5):657–61.
 34. Kishen A, Haapasalo M. Biofilm models and methods of biofilm assessment. *Endod Top.* 2012;22:58–78.
 35. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Aprecio RM, Handysides R, Jaramillo DE. Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. *Int Endod J.* 2014;47(7):659–66.
 36. Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Bacterial Viability in Starved and Revitalized Biofilms : Comparison of Viability Staining and Direct Culture. *J Endod.* 2010;36(11):1820–3.
 37. Jaramillo DE, Aguilar E, Arias A, Ordinola-Zapata R, Aprecio RM, Ibarrola JL. Root canal disinfection comparing conventional irrigation vs photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using a buffered 0.5 % sodium hypochlorite solution. *Evidence-Based Endod.* 2016;4–8.
 38. De-deus G, Reis C. Critical appraisal of published smear layer-removal studies : OOOOE. 2011;112(4):531–43.
 39. Van Der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal : a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40:415–26.
 40. Plotino G, Pameijer CH, Maria Grande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *J Endod.* 2007;33(2):81–95.
 41. Boutsoukis C, Tzimpoulas N. Uncontrolled Removal of Dentin during In Vitro Ultrasonic Irrigant Activation. *J Endod.* 2016;42(2):289–93.
 42. Bhuva B, Patel S, Wilson R, Niazi S, Beighton D, Mannocci F. The effectiveness of passive ultrasonic irrigation on intraradicular *Enterococcus faecalis* biofilms in extracted single-rooted human teeth. *Int Endod J.* 2010;43:241–50.
 43. Dalton BC, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial Reduction with Nickel-Titanium Rotary Instrumentation. *J Endod.* 1998;24(11):763–7.
 44. Siqueira JF, Lima KC, Magalh FAC, Lopes HP, Uzeda M De. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod.* 1999;25(5):332–5.
 45. Siqueira JF, Rôças N, Favieri A. Chemomechanical Reduction of the Bacterial Population in the Root Canal after Instrumentation and Irrigation with 1 %, Hypochlorite. *J Endod.* 2000;26(6):331–4.
 46. Kato AS, Cunha RS, Eduardo C, Pelegri RA, Fontana CE, Martin AS De. Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation : An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod.* 2016;42(4):659–63.
 47. Passarinho-neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-sousa YTC, Sousa-neto MD. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J.* 2006;32:123–8.
 48. Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi

- EA. Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *J Endod.* 2015;41(8):1359–63.
49. Chopra S, Murray PE, Namerow KN. A Scanning Electron Microscopic Evaluation of the Effectiveness of the F-file versus Ultrasonic Activation of a K-file to Remove Smear Layer. *J Endod.* 2008;34(10):1243–5.
50. Rodig T, Dollmann S, Konietzschke F, Drebenstedt S, Hu M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals : A scanning electron microscopy study. *J Endod.* 2010;36(12):1983–7.
51. Hulsmann M, Rodig T, Nordmeyer S. Complications during root canal irrigation. *Endod Top.* 2009;(17):27–63.
52. Wang H, Sanabria-liviac D, Sleiman P, Dorn SO, Jaramillo DE. Smear layer and debris removal from dentinal tubules using different irrigation protocols : scanning electron microscopic evaluation , an in vitro study. *Evidence-Based Endod.* 2017;4–9.
53. Ahmad. M.; Rey, R. Kamarudin A. Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file. *Endod Dent Traumatol.* 1992;8:189,194.

Tablas

Tabla 1. Área (um²) de túbulos dentinarios permeables dentro de la grieta apical después de las técnicas de Irrigación convencional con jeringa (ICJ), Irrigación ultrasónica pasiva (IUP) con U-file Y Anillo HBW (n=10 por grupo) (Media ± Desviación estándar)

Grupo	Coronal (um ²)	Apical (um ²)	Total (um ²)
ICJ	117,36 ± 104,71	117,45 ± 121,74	117,41 ± 110,51
IUP U-File	360,34 ± 243,31 *	367,25 ± 265,46 **	363,80 ± 247,86
IUP Anillo HBW	351,51 ± 193,42 +	345,48 ± 200,32 **	348,50 ± 191,67

* p= 0,02, ICJ vs. IUP U-File

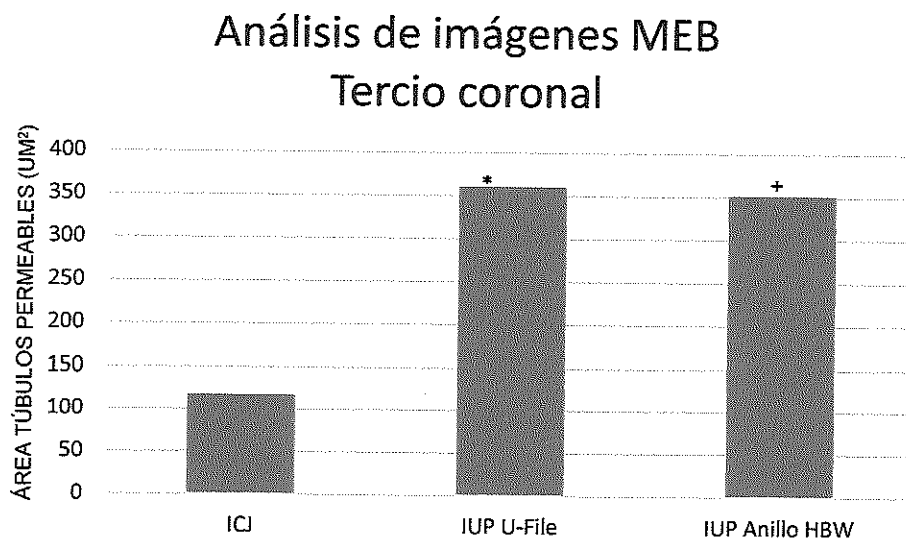
+ p= 0,03, ICJ vs. Anillo HBW

**p= 0,03, ICJ vs. IUP U-File

**p= 0,05, ICJ vs. Anillo HBW

Gráficas

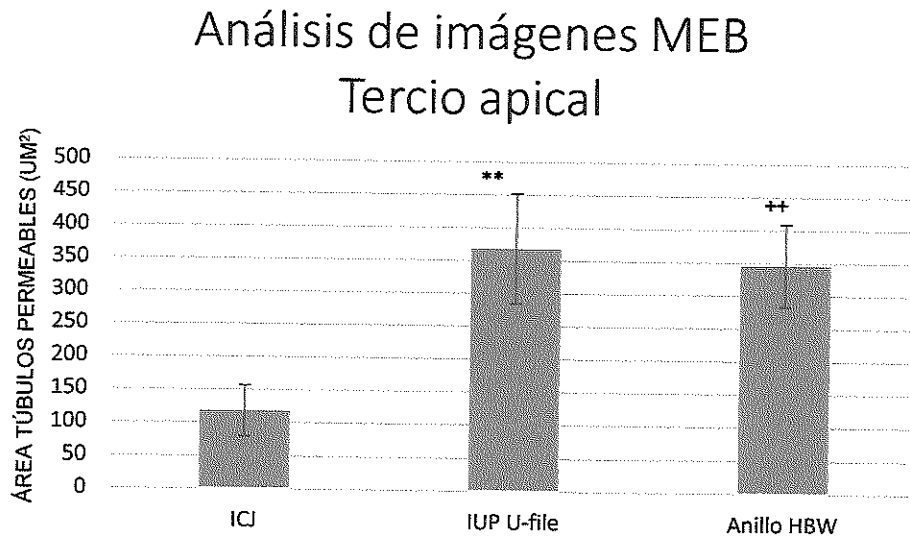
Gráfica 1. Resultado de análisis de imágenes MEB tercio coronal de grieta apical.



* p= 0,02, ICJ vs. IUP U-File

+ p= 0,03, ICJ vs. Anillo HBW

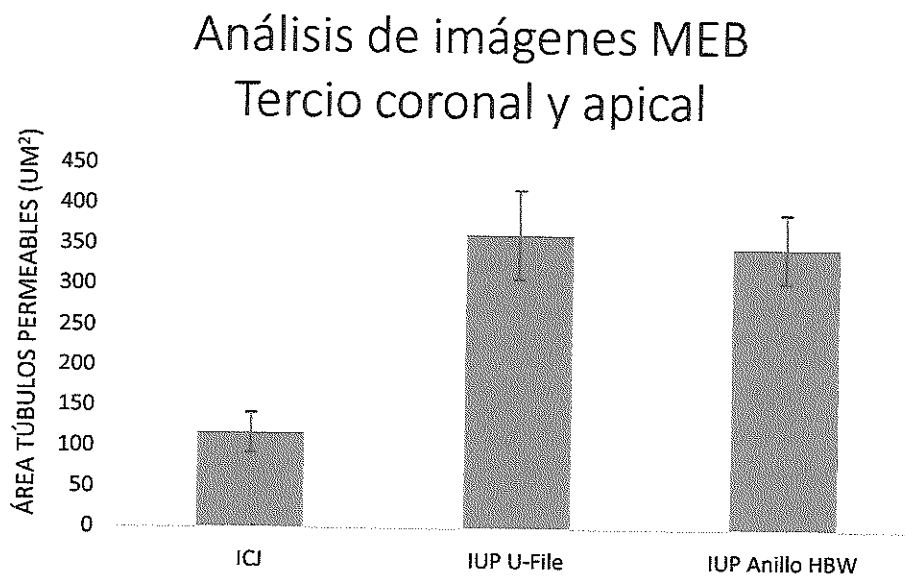
Gráfica 2. Resultado de análisis de imágenes MEB tercio coronal de grieta apical.



**p= 0,03, ICJ vs. IUP U-File

++p= 0,05, ICJ vs. Anillo HBW

Gráfica 3. Resultado de análisis de imágenes MEB tercio coronal y apical de grieta.



Figuras

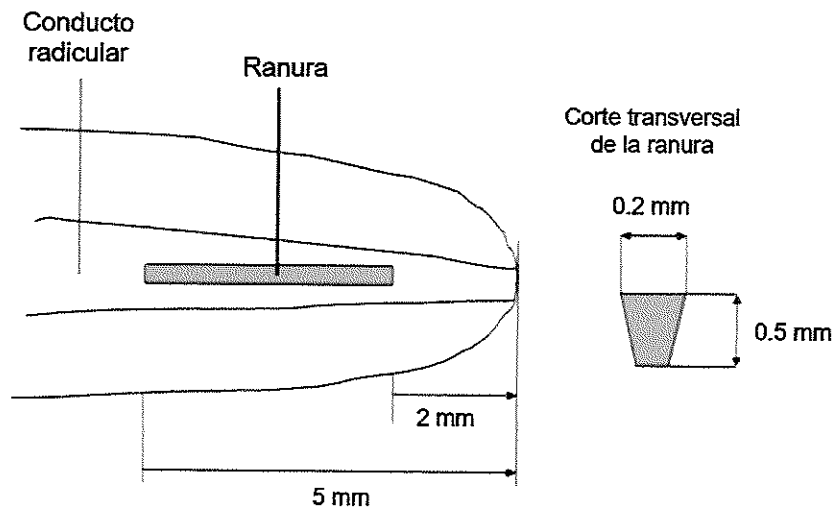


Fig. 1. Modelo esquemático de la ranura apical. Fuente: Modificación de esquema de Gu (15)

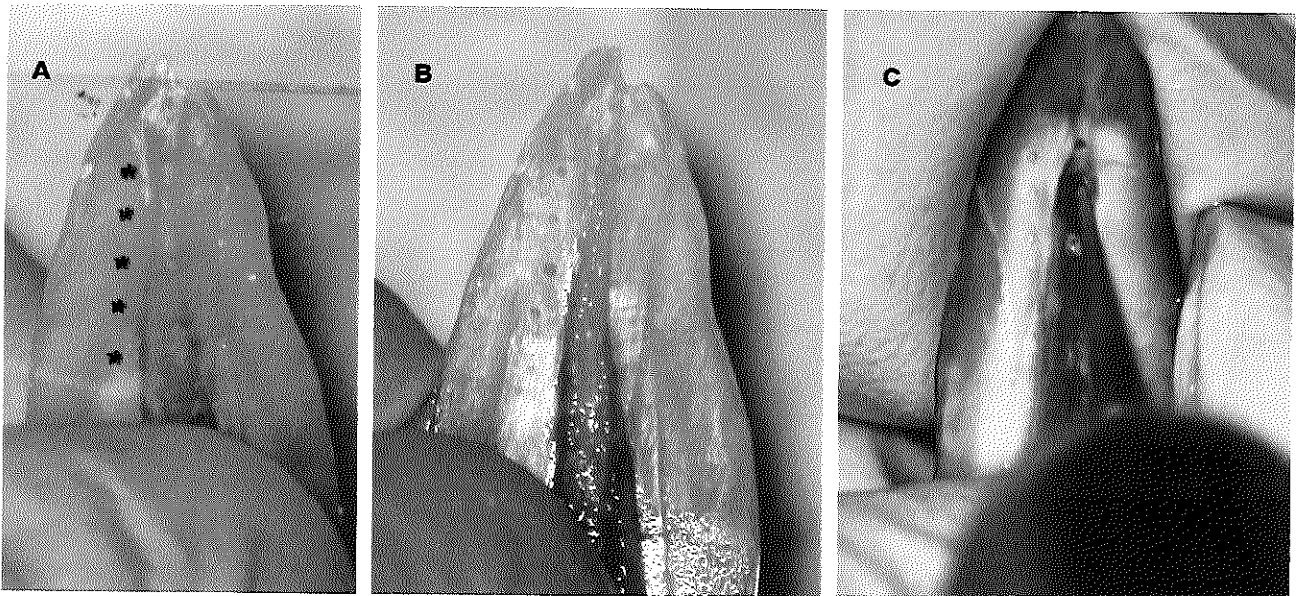


Fig. 2. A. Guía de acetato para fresado de puntos de referencia. B. Puntos de referencia a 2, 3 y 4 mm del ápice. C. Fresado de ranura dentro del conducto radicular

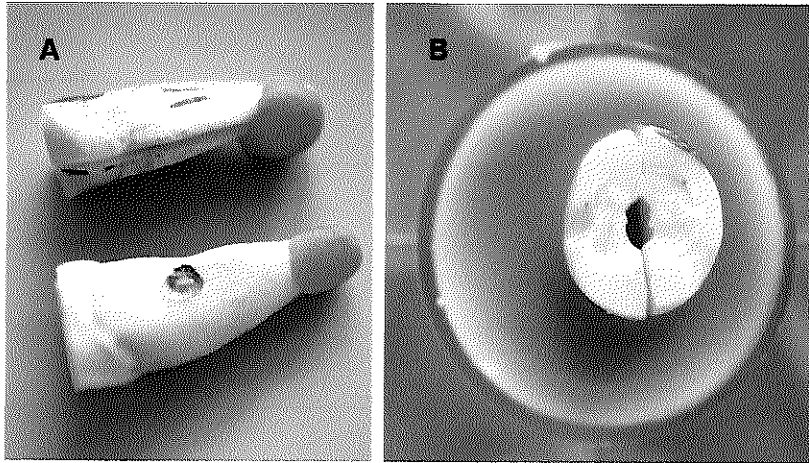


Fig. 3. A. Colocación de bola de cera de 5 mm de diámetro en el ápice radicular uniendo las mitades. **B.** Colocación de diente en silicona Elite Double 22 hasta la unión cemento-esmalte.

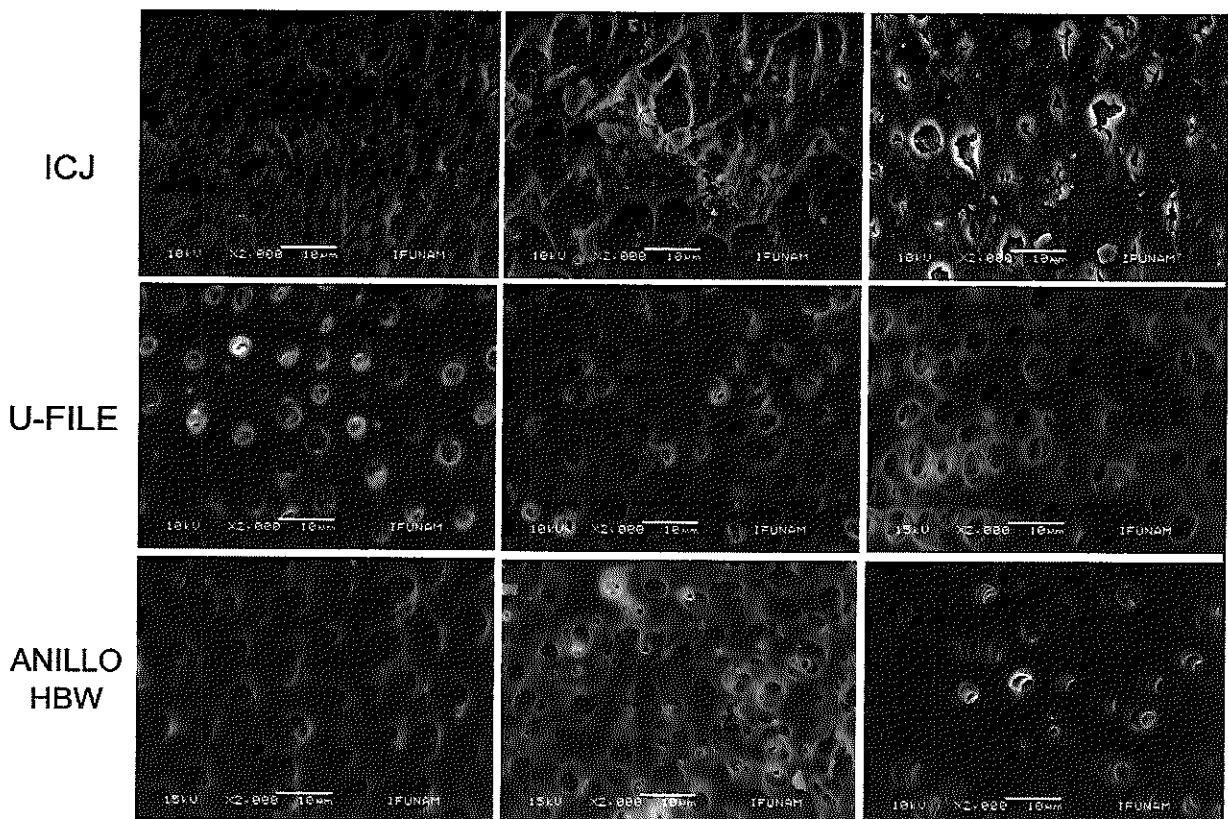


Fig. 4. Imágenes representativas de microscopia electrónica de barrido del tercio coronal de la grieta de los grupos de ICJ, PUI con U-File y Anillo HBW.

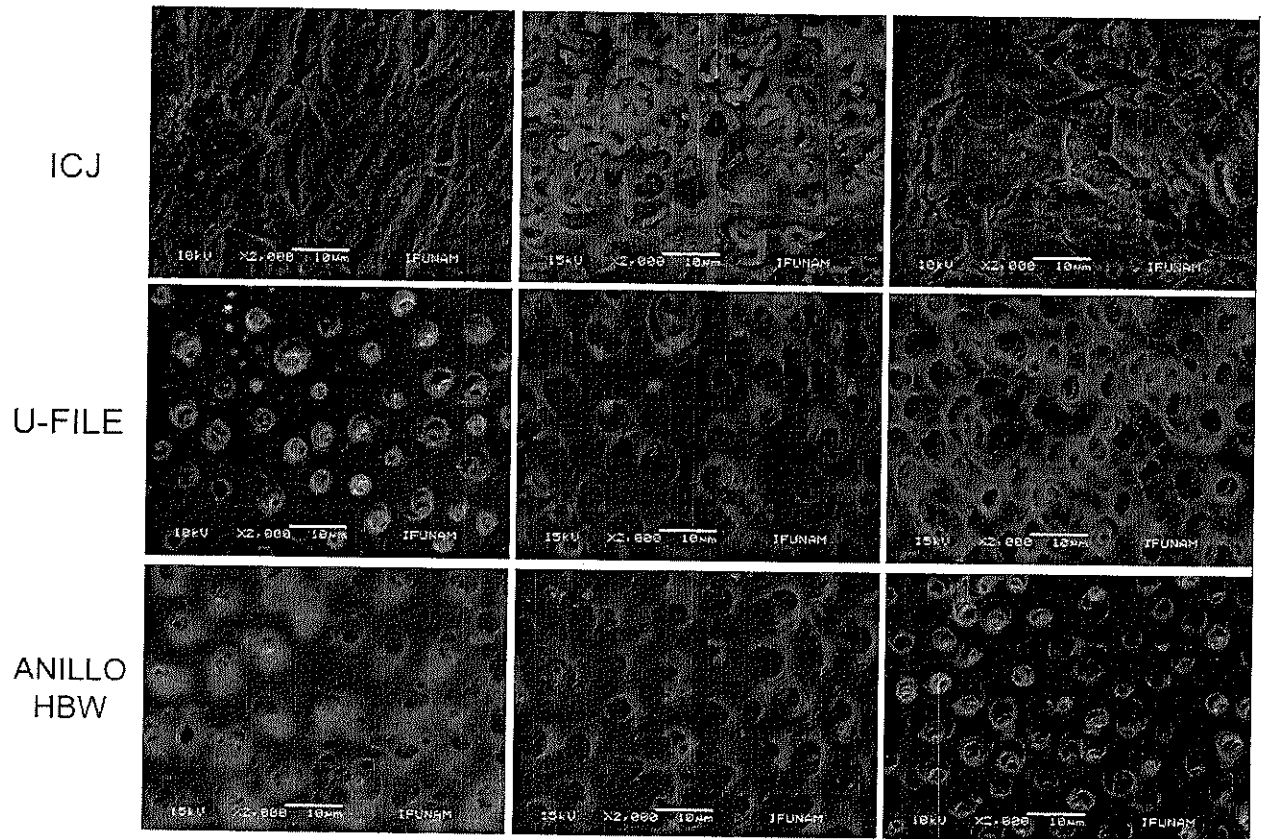


Fig. 5. Imágenes representativas de microscopia electrónica de barrido del tercio apical de la grieta de los grupos de ICJ, PUI con U-File y Anillo HBW.

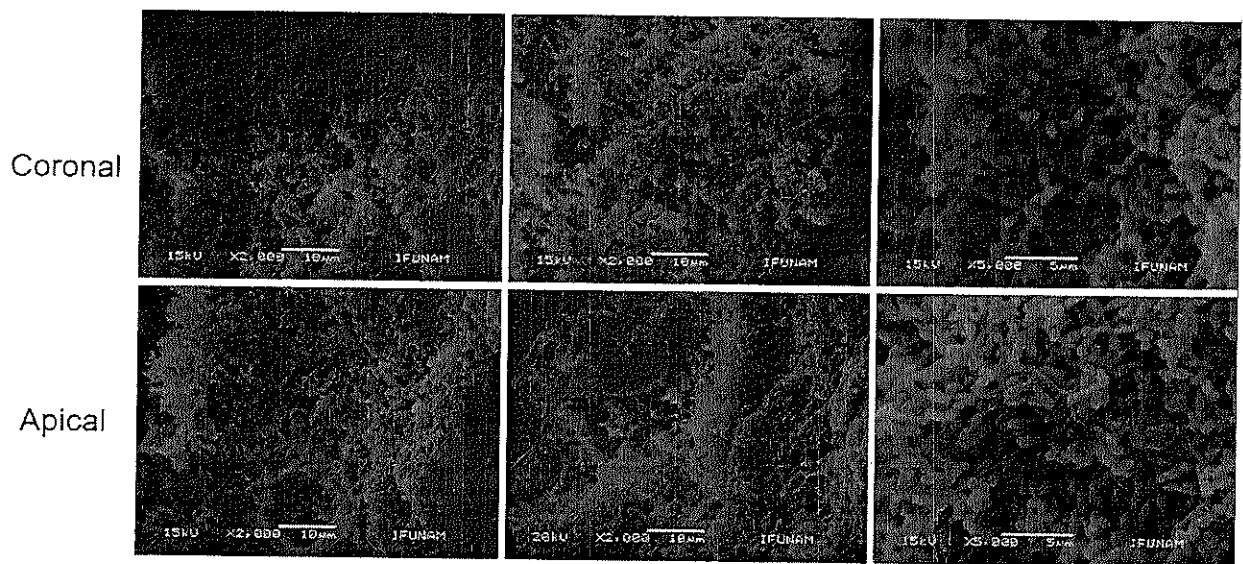


Fig.6. Imágenes representativas de microscopia electrónica de barrido del tercio coronal y apical de la grieta de las muestras control a 2000x y 5000x.