

EFICACIA DE LA IRRIGACIÓN DINÁMICO MANUAL

en la remoción del barrillo
dentinario del sistema
de conductos radiculares

*Efficacy of the manual dynamic irrigation technique in the removal
of the smear layer of the root canal system*

POR

EDUARDO JOSÉ **RODRÍGUEZ VIVAS**¹

LILIAN STEPHANIE **RINCÓN GUZMÁN**¹

MORELIA CAROLINA **AGREDA HERNÁNDEZ**²

ANAJULIA **GONZÁLEZ**³

MARLYN ANDREINA **BERRÍOS OLTEANU**⁴

¹ Odontólogo práctica privada.

² Cátedra de Endodoncia. Departamento de Medicina Bucal, Facultad de Odontología.

³ Centro de Investigaciones Odontológicas, Facultad de Odontología.

⁴ Cátedra de Prótesis Parciales Removibles. Departamento de Restauradora. Facultad de Odontología. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

Autor de correspondencia: Eduardo Rodríguez. Dirección: Calle 35, entre Av. 2 y 3. Sector Glorias Patrias. Mérida, Venezuela. Telf. (0414) 741.11.12.

eduardojoserodriguezvivas@gmail.com

Resumen

La desinfección química a través de la irrigación del Sistema de Conductos Radiculares reduce la cantidad de Barrillo Dentinario (BD). Existen dos técnicas manuales cuya eficacia en la remoción del BD parece ser controversial, la técnica de Irrigación Dinámico Manual (IDM) y la Irrigación Convencional (IC). El objetivo del estudio es determinar in vitro la eficacia de la IDM en la remoción del BD del sistema de conductos radiculares. Se trató de una investigación de tipo confirmatoria con diseño experimental contemporáneo, transeccional, univariable, de laboratorio, cuyo objeto de estudio fueron especímenes obtenidos de 50 dientes monorradiculares de humanos recién extraídos, a los que se les aplicó diferentes protocolos de irrigación final: IDM, IC, IDM con NaOCl 5.25% e IC con cloruro de sodio 0.9%. Los mismos fueron preparados y observados a través del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), para finalmente evaluar la cantidad de barrillo dentinario presente en los diferentes tercios del SCR. Se encontró que la IDM presentó menor cantidad de BD y mayor cantidad de túbulos dentinarios abiertos en comparación con la IC, mostrando diferencias estadísticas significativas en el tercio cervical ($p=0.034$) y apical ($p=0.039$). Se concluye que la IDM fue más eficaz en la remoción del BD que la IC en el tercio cervical y apical del SCR, evaluada mediante MEB.

PALABRAS CLAVE (DeCS): desbridamiento, preparación del conducto radicular, irrigantes del conducto radicular, microscopía electrónica de rastreo, capa de barro dentinario.

Abstract

Chemical disinfection through irrigation of the root canal system reduces the amount of smear layer. There are two manual techniques whose effectiveness in the removal of smear layer (SL) seems to be controversial, the manual dynamic irrigation technique (IDM) and the conventional irrigation (IC). The aim of the study is to determine in vitro the effectiveness of manual dynamic irrigation in the removal of smear layer from the root canal system. This was a confirmatory investigation with a contemporary experimental, univariable laboratory transactional design, whose object of study were samples obtained from 50 monoradicular teeth of newly extracted humans, to which different final irrigation protocols: IDM, IC, IDM with NaOCl 5.25% and IC with 0.9% sodium chloride were applied. They were prepared and observed through the scanning electron microscope (SEM), to finally evaluate the amount of smear layer present in the different thirds of the SCR. The IDM presented a smaller amount of SL and a greater amount of open dentinal tubules compared to the IC, showing significant statistical differences in the cervical and apical third. It was concluded that as assessed by SEM, the IDM was more effective than the IC in the removal of SL in the SCR cervical and apical thirds.

KEY WORDS (MeSH): debridement, root canal preparation, root canal irrigants, microscopy, electron, scanning, smear layer.

Introducción

El desbridamiento minucioso del sistema de conductos radiculares (SCR) debe considerarse un paso fundamental durante la terapia endodóntica.^{1,2} Los instrumentos disponibles en la actualidad actúan en la parte central del conducto dejando aleta; la desinfección química a través de la irrigación en conductos laterales, accesorios y deltas apicales es imprescindible para la reducción bacteriana en aquellas zonas no tocadas por los instrumentos, debido a la complejidad anatómica que estos presentan, resultando esencial para aumentar el éxito del tratamiento.^{1,3-6} Los instrumentos disponibles en la actualidad actúan en la parte central del conducto dejando aleta. A pesar de las mejoras en los instrumentos rotatorios, está comprobado que, estos trabajan únicamente en la parte central del conducto dejando istmos sin limpiar; estas áreas pueden albergar detritus o bacterias organizadas en biofilm que pueden llegar a interferir con la obturación.^{1,7,8} Los instrumentos disponibles en la actualidad actúan en la parte central del conducto dejando aleta. Para limpiar esas zonas donde no llegan los instrumentos rotatorios, se emplean protocolos y sistemas de irrigación que ayudan a obtener la desinfección máxima, fundamentalmente en el tercio apical del diente.^{1,7-13} Los instrumentos disponibles en la actualidad actúan en la parte central del conducto dejando aleta.

La IC, consiste en depositar la solución en el conducto radicular, mediante una jeringa con agujas de diversos calibres de forma pasiva, introduciendo y retirando gentilmente la aguja acompañado de la aspiración inmediata del irrigante.¹⁴ Es importante que, al depositar la solución irrigante la aguja permanezca holgada en el conducto radicular para permitir el flujo correcto de la solución, así como la salida hacia coronal del líquido y del detritus.¹⁵ Otra técnica con amplio uso en endodoncia, es la IDM, basada en el uso de un cono de gutapercha bien adaptado al conducto radicular, previamente instrumentado, con el que se realizan cien movimientos de impulsión y tracción de aproximadamente 2 mm durante un minuto (3.3 Hz), lo cual crea un efecto hidrodinámico que aumenta la penetración de los irrigantes en el tercio apical y en las paredes del conducto.¹⁶

Últimamente, estudios realizados han demostrado que la activación mecánica brinda una limpieza mejorada del conducto en comparación con la activación manual.¹⁵⁻¹⁹ Irrigant and method of flushing on the removal of artificially-placed dentine debris from the apical part of root canals during passive ultrasonic irrigation. **METHODOLOGY** Access cavities were prepared in 15 canine teeth and their root canals instrumented to size 20, 0.10 taper. Each root was split longitudinally, forming two halves. A groove was cut in the canal wall 2-6 mm from the apex in each half which was then filled with dentine debris prior to the roots being reassembled. All canals were ultrasonically irrigated, using a size 15, 0.02 taper smooth wire to a length of 21 mm that was placed in

the canal to the apical foramen. In group 1 the canal was flushed with a continuous flow of 50 mL 2% sodium hypochlorite (NaOCl); aunque la activación ultrasónica no remueve completamente todos los microorganismos tras la limpieza y conformación manual y rotatoria, si reduce significativamente las cuentas bacterianas¹⁹⁻²³ randomized, single-blind study was to compare the in vivo antibacterial efficacy of a hand/rotary technique versus a hand/rotary/ultrasound technique in mesial root canals of necrotic mandibular molars. The hand/rotary group consisted of 16 mesial roots prepared with a hand/rotary technique. The hand/rotary/ultrasound group consisted of 15 mesial roots prepared similarly, followed by 1 minute of ultrasonic irrigation per canal with an ultrasonic needle in a MiniEndo unit and 15 mL/canal of 6.0% sodium hypochlorite. Canals were sampled before and after instrumentation and after 1 minute of ultrasonic irrigation. Samples were incubated anaerobically on reduced blood agar for 7 days at 37 °C, and colony-forming units (CFUs, además de lograr administrar efectivamente el irrigante en toda la longitud de trabajo^{22,23} manual dynamic agitation (MDA. Sin embargo, existen estudios donde no se han encontrado diferencias significativas entre la activación mecánica del irrigante y la IC durante el protocolo de irrigación final^{21,24-26}.

A pesar de la cuantiosa literatura que existe sobre la eficacia de las técnicas de irrigación discutidas anteriormente, los resultados de investigaciones recientes presentan controversia sobre el impacto de la activación manual o mecánica versus la no activación del irrigante en la remoción del BD del SCR durante el protocolo de irrigación final. La presente investigación tuvo como propósito determinar in vitro la eficacia de la irrigación dinámico manual en la remoción del barrillo dentinario del sistema de conductos radiculares.

Materiales y métodos

Se realizó una investigación de tipo confirmatoria y de diseño experimental, contemporáneo, transeccional, univariable, de laboratorio²⁷. Fueron utilizados un total de 50 dientes de los grupos incisivos, caninos y premolares superiores e inferiores, extraídos de pacientes que acudieron a distintos centros odontológicos del municipio Libertador del estado Mérida, Venezuela. Se incluyeron todos los dientes monorradiculares, con un solo conducto y ápice cerrado, con raíces relativamente rectas (grado de curvatura radicular menor a 30° de acuerdo con la clasificación de Schneider's²⁸), indicados para su exodoncia por enfermedad periodontal no tratable o con fines ortodónticos y se excluyeron dientes con reabsorciones radiculares y presencia de caries dental.

El estudio se llevó a cabo en cuatro fases. En la primera fase se prepararon y seleccionaron los especímenes biológicos de la siguiente manera: una vez obtenidos los dientes monorradiculares extraídos, se procedió a la limpieza de los mismos mediante instrumento sónico (scaler NSK®) e irrigación con

cloruro de sodio, evitando el daño de la superficie radicular y removiendo cualquier residuo o tejido restante. Cada diente fue evaluado radiográficamente para seleccionar los monorradiculares y excluir el resto. Se realizó la apertura cameral de cada diente y se permeabilizaron con limas K número 10 (Dentsply Maillefer®) hasta visualizar la salida de 1 mm de la lima por el foramen apical. La longitud de trabajo se estableció utilizando el método radiográfico, restándole 1 mm a la longitud determinada con la lima K número 10. Se colocó cera de utilidad roja alrededor de los ápices dentarios para evitar la extrusión del irrigante a través del foramen. La preparación biomecánica de los conductos se realizó utilizando la técnica Step-Back con limas manuales (K flexofile de Dentsply Maillefer®), siendo la lima número 50 la lima apical principal e irrigación copiosa manual de 5 ml de NaOCl al 5.25% (SECURE®) entre cada secuencia de limas para eliminar el detritus y lubricar el conducto, empleando un total de 45 ml de NaOCl. La aguja se colocó a 1 mm del foramen apical del conducto radicular. Los dientes se dividieron en cuatro grupos, de acuerdo con los diferentes tratamientos en la segunda fase.

En la segunda fase del método, se realizó la irrigación de los especímenes biológicos mediante el uso de jeringas desechables estériles de 5 ml y agujas de irrigación de 27 G (Ultradent Products®). El protocolo final empleado se describe a continuación:

- **Grupo 1** (N= 20 unidades dentarias): 1.- IDM con un cono de gutapercha número 50 adaptado al conducto para activar el irrigante con 100 movimientos de impulsión y tracción con NaOCl al 5.25% (3 ml) por 30 segundos; 2.- Irrigación con cloruro de sodio 0.9% (1.5 ml). 3.- IDM con EDTA al 17% por 1 minuto (3 ml); 4.- Irrigación con cloruro de sodio 0.9% (1.5 ml).
- **Grupo 2** (N= 20 unidades dentarias): 1.- IC con 3 ml de NaOCl al 5.25% por 30 segundos; 2.- Irrigación con cloruro de sodio 0.9% (1.5 ml); 3.- IC con 3 ml de EDTA al 17% por 1 minuto. 4.- Irrigación con cloruro de sodio 0.9% (1.5 ml).
- **Grupo 3** (N= 5 unidades dentarias, control positivo): IDM con NaOCl al 5,25% (3 ml) por 30 segundos.
- **Grupo 4** (N= 5 unidades dentarias, control negativo): IC con cloruro de sodio al 0.9% (3 ml).

En la tercera fase se realizó la preparación de las muestras para su evaluación a través del MEB como sigue: se secaron los conductos con conos de papel estériles número 50 y la entrada del conducto de cada espécimen fue sellada con una torunda de algodón para evitar la entrada de cualquier material hacia el interior del conducto (FIGURA 1). Los dientes se decoronaron con instrumental rotatorio de baja velocidad y disco de carborundo (FIGURA 2).



FIGURA 1.
Secado de los conductos con conos de papel estériles número 50.



FIGURA 2.
Decoración de especímenes biológicos.

Posteriormente, se realizó una ranura en sentido vestíbulo-lingual de la raíz, sin dañar o tocar el conducto radicular, para luego seccionar las unidades dentarias en sentido longitudinal empleando cincel de corte frío y martillo para luego ser sometida una mitad de cada raíz de unidad dentaria a un proceso de fijación. El proceso de fijación consistió en: 1.- Sumergir el espécimen en solución fijadora 3:3 (0.1 Molar, pH 7.2) glutaraldehído al 25% + formaldehído al 35% por 48 horas. 2.- Lavado con tampón cacodilato de sodio (0.1 Molar, pH 7.2) en tres sesiones de 5 minutos cada una. 3.- Sumergir el espécimen en alcohol para su deshidratación alcanzando una concentración de 30%, 50% y 75% por 15 minutos cada una, seguidamente en concentración de 90% durante 30 minutos y dos sesiones de 30 minutos cada una en alcohol al 100%, finalmente acetona al 100% durante 30 minutos. 4.- Mantener los especímenes bajo temperatura ambiente debidamente tapados durante 30 minutos para luego proceder a la desecación utilizando el evaporador de vacío. 5.- Se realizó el *sputtering* o recubrimiento de los especímenes, mediante una capa fina de

oro y un recubridor iónico (BALZERS®) a una presión de vacío de 0.1 mbar o 10 pascales, a 20 mA de corriente y a 200 voltios, por 3 minutos (FIGURA 3).

En la última fase se realizó la evaluación de los especímenes a través del MEB (JEOL®) modelo JSM-6390, mediante el que se obtuvieron imágenes digitales (con magnificación de 1.000 X), las cuales se almacenaron mediante un software y computador específico. La inspección directa de los especímenes evaluados a través del MEB permitió observar la presencia o no de BD dentro de los túbulos dentinarios en los diferentes tercios de la superficie radicular luego de su respectivo tratamiento según los grupos 1, 2, 3 y 4.

Se obtuvieron diferentes microfotografías de cada uno de los especímenes biológicos estudiados, en cada tercio radicular y con diferentes magnificaciones (30 X, 500 X, 1.000 X, 3.500 X y 5.000 X), seleccionando exclusivamente aquellas microfotografías de 1.000 X para su evaluación. Se evaluó un total de 150 imágenes microscópicas: 60 correspondientes al grupo 1 tratado con IDM (20 de cada tercio radicular); 60 correspondientes al grupo 2 tratado con IC (20 de cada tercio radicular); 15 correspondientes al grupo 3 control positivo IDM con NaOCl al 5.25% únicamente (5 de cada tercio radicular) y 15 correspondientes al grupo 4 control negativo IC con cloruro de sodio al 0.9% (5 de cada tercio radicular). Cada imagen fue evaluada por tres expertos de acuerdo con la escala de Rome *et al.*²⁹ (TABLA 1), cuyo valor consensuado se registró en una guía de observación. Finalmente se promediaron y analizaron estadísticamente mediante ANOVA y *t* de Student, considerando el valor de $p \leq 0.05$ para significancia estadística en la comparación de los tratamientos y tercios evaluados.

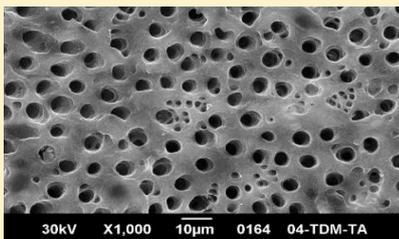
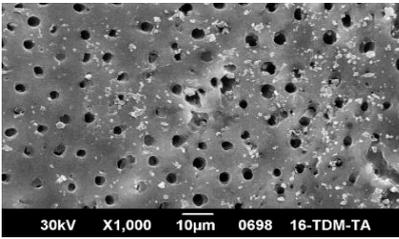
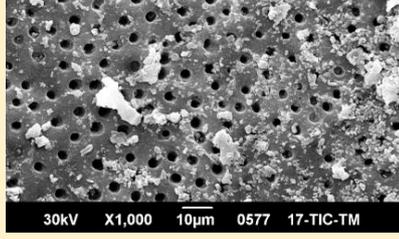
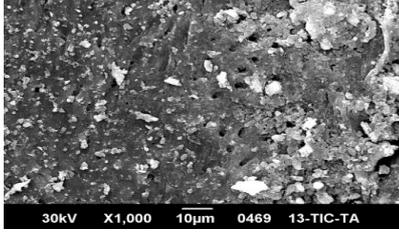


FIGURA 3.

Preparación de la muestra para microscopía electrónica de barrido.

TABLA 1.

Escala para medir el grado de limpieza del barrillo dentinario según Rome *et al.* ²⁹

Valoración	Observación	Imagen obtenida MEB
0	No hay barrillo dentinario, todos los túbulos dentinarios están abiertos.	
1	Capa mínima de barrillo dentinario >50% de túbulos dentinarios visibles.	
2	Capa moderada de barrillo dentinario <50% de túbulos dentinarios abiertos.	
3	Abundante barrillo dentinario rodeado de túbulos dentinarios obliterados.	

Resultados

En la **FIGURA 4** se presentan imágenes representativas de cada tratamiento en los diferentes tercios evaluados, la cual revela la morfología de la superficie dentinaria a 1.000 X y el grado de limpieza promedio de los diferentes grupos, IDM e IC y grupos controles (positivo y negativo). Es importante resaltar que, cada una de las imágenes microscópicas (magnificación 1.000 X) obtenidas de ambos grupos controles, positivo y negativo, en los tres tercios radiculares estudiados, obtuvieron un valor unánime de los expertos correspondiente al nivel 3, presentando abundante BD rodeado de túbulos dentinarios obliterados, siendo el promedio 3 ± 0 grado de limpieza del barrillo dentinario en estos grupos (**FIGURA 4**).

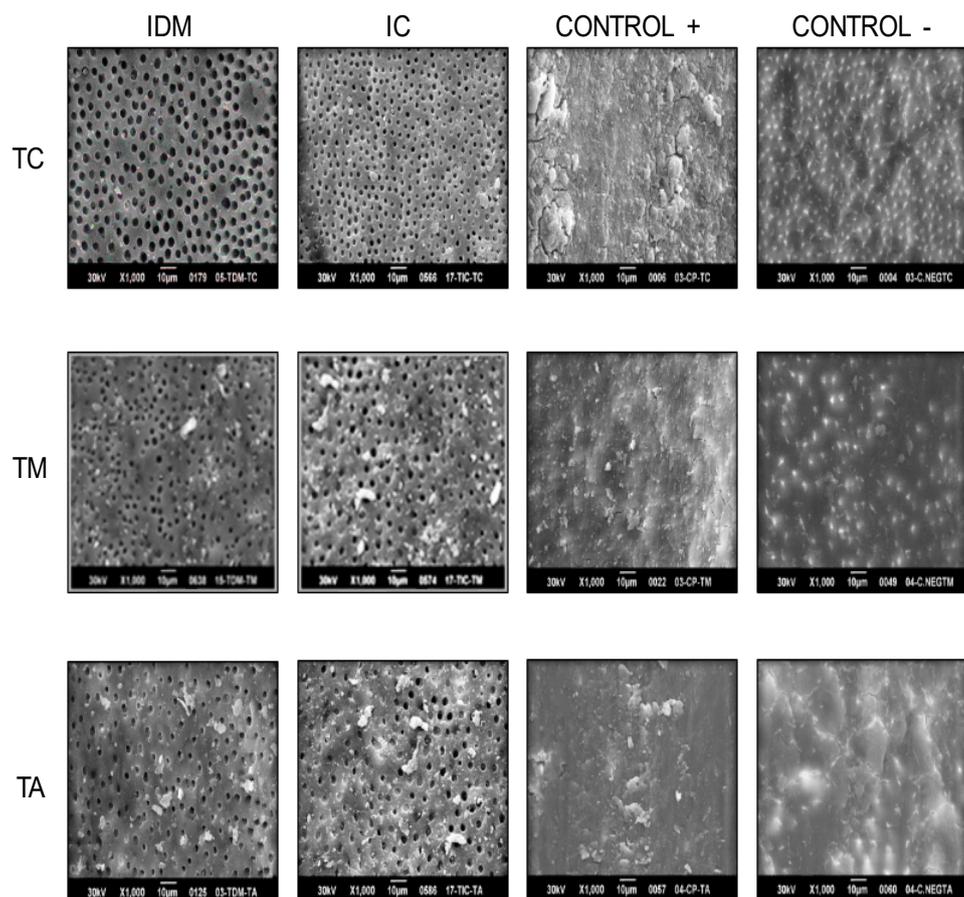


FIGURA 4.

Microfotografías de los tercios radiculares correspondientes a los grupos de estudio: irrigación dinámica manual (IDM) (hipoclorito de sodio 5.25% más EDTA 17% activado); irrigación convencional (IC) (hipoclorito de sodio 5.25% más EDTA 17% sin agitar); control positivo (CONTROL +) (hipoclorito de sodio 5.25% activado); control negativo (CONTROL -) (cloruro de sodio 0.9% sin activar); tercio cervical (TC); tercio medio (TM); tercio apical (TA).

En la **TABLA 2**, se observa la cantidad de barrillo dentinario promedio, presente dentro del SCR de cada uno de los tercios evaluados de las unidades dentarias del grupo al cual se le aplicó la técnica de IDM (Grupo 1), encontrándose en el tercio cervical un promedio de 0.75 ± 0.64 , en el tercio medio 1.20 ± 0.77 y en el tercio apical 1.45 ± 0.76 grado de limpieza de BD respectivamente.

Se puede observar que, la presencia de BD aumenta en la medida que se avanza a lo largo del SCR en sentido corono-apical. Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad de BD promedio en el tercio cervical comparado con el tercio apical ($p=0.012$), presentándose menor cantidad en la porción cervical.

En la **TABLA 3**, se puede observar que, de acuerdo con el grado de limpieza de BD en el tercio cervical se encontró un promedio de 1.30 ± 0.92 , en el tercio medio 1.60 ± 0.88 y en el tercio apical 2.00 ± 0.86 . Esto es, en el SCR de las unidades dentarias tratadas con la técnica de IC (Grupo 2), al igual que en el tratamiento con la técnica IDM, en este grupo se observa que, la presencia de BD aumenta en la medida que se avanza a lo largo del SCR en sentido corono-apical. Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la

TABLA 2.

Grado de limpieza promedio observado en las paredes del conducto al emplear la técnica de irrigación dinámico manual (IDM) en los diferentes tercios.

Tercio	N	X	DE	ES	Valor mínimo	Valor máximo	R
Cervical	20	0.75	±0.64	0.14	0	2	2
Medio	20	1.20	±0.77	0.17	0	3	3
Apical	20	1.45	±0.76	0.17	0	3	3

ANOVA						
Fuente de variación	SC	GL	Varianza del error	F	p	
Entre los grupos	5.03	2	2.52	4.78	0.012**	
Dentro de los grupos	30.02	57	0.53			
Total	35.06	59				

N= número total de observaciones; X= media aritmética; DE= Desviación estándar; ES= Error Estándar; R= Rango; ANOVA: Análisis de la Varianza; SC: suma de Cuadrados; GL: grados de libertad; F: Valor de Fisher; p: Probabilidad. ** Diferencia estadística, entre las medias aritméticas, altamente significativa.

TABLA 3.

Grado de limpieza promedio observado en las paredes del conducto al emplear la técnica de irrigación convencional (IC) en los diferentes tercios.

Tercio	N	X	DE	ES	Valor mínimo	Valor máximo	R
Cervical	20	1.30	±0.92	0.21	0	3	3
Medio	20	1.60	±0.88	0.20	0	3	3
Apical	20	2.00	±0.86	0.21	0	3	3

ANOVA						
Fuente de variación	SC	GL	Varianza del error	F	P	
Entre los grupos	4.93	2	2.47	3.14	0.051*	
Dentro de los grupos	44.85	57	0.79			
Total	49.78	59				

N= número total de observaciones; X= media aritmética; DE= Desviación estándar; ES= Error Estándar; R= Rango; ANOVA: Análisis de la Varianza; SC: suma de Cuadrados; GL: grados de libertad; F: Valor de Fisher; p: Probabilidad. * Diferencia estadística, entre las medias aritméticas, significativa.

cantidad de BD promedio en el tercio cervical comparado con el tercio apical, presentándose la menor cantidad en la porción cervical ($p=0.051$), siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

En la **TABLA 4** y **FIGURA 4**, se muestra la comparación de la cantidad de BD promedio presente en el SCR de los dientes tratados con IDM e IC por tercios radiculares (cervical, medio y apical). El grupo de dientes tratados con la IDM presentó menor cantidad de BD y mayor cantidad de túbulos dentinarios abiertos en comparación con los dientes tratados con la IC, mostrando diferencias estadísticas significativas en el tercio cervical ($p=0.034$) y apical ($p=0.039$). Mientras que, en el tercio medio ($p=0.134$) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

TABLA 4.

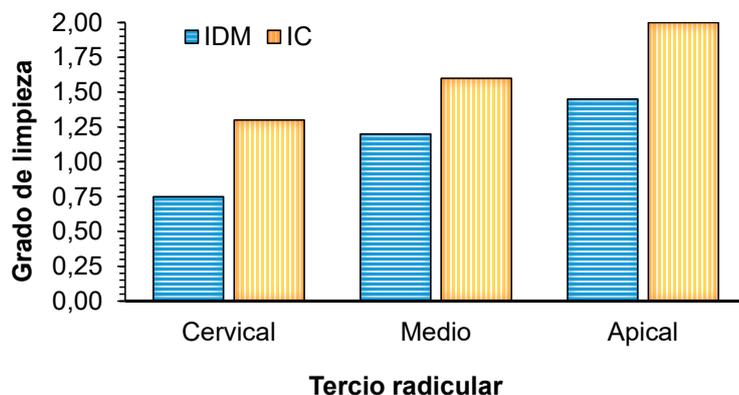
Comparación entre el grado de limpieza media obtenido de las paredes del conducto utilizando irrigación dinámica manual (IDM) e irrigación convencional (IC).

Tratamiento		IDM	IC	T	P	
Tercio		N	20	20		
	Cervical	X	0,75	1,30	-2195,00	0.034*
		DE	±0,64	±0,92		
	Medio	X	1,20	1,60	-1530	0.134
		DE	±0,77	±0,88		
	Apical	X	1,45	2,00	-2143	0.039*
	DE	±0,76	±0,86			

N: Número total de observaciones; X: media aritmética; DE: Desviación Estándar; t= t de Student; p: probabilidad; * Diferencia estadística, entre las medias aritméticas, significativa.

FIGURA 5.

Grado de limpieza de las paredes del conducto al emplear la irrigación dinámica manual (IDM) versus la irrigación convencional (IC) en los diferentes tercios radiculares.



Discusión

El empleo del protocolo de irrigación final del SCR es un procedimiento clave para la remoción del BD, específicamente de sus componentes orgánicos e inorgánicos mediante la combinación del hipoclorito de sodio y del ácido etilendiaminotetraacético. El BD es esa sustancia amorfa e irregular intraconducto formada durante la instrumentación y conformación del SCR, que limita la penetración de las soluciones irrigantes en los túbulos dentinarios, su presencia obstaculiza la adaptación de materiales de obturación a las paredes del conducto y además puede alojar bacterias en caso de dientes necróticos. Para evaluar su eliminación del SCR, la MEB sigue siendo una de las técnicas más utilizadas en la actualidad²³ manual dynamic agitation (MDA. Los resultados del presente estudio sugieren que la IDM es eficaz en la remoción del BD, siendo superior su eficacia en comparación con la técnica de IC, debido a las diferencias, estadísticamente significativas, observadas en los tercios cervical y apical ($p \leq 0.05$) al analizar el grado de limpieza del BD obtenido después de realizar los diferentes protocolos de irrigación final.

Existen diversos factores que pueden contribuir en la obtención de resultados favorables con respecto a la técnica dinámico manual; el primero, la presión generada por el cono de gutapercha bien adaptado en el tercio apical, lo que contribuye a una mejor distribución del irrigante hacia las zonas no instrumentadas y de difícil acceso; el segundo, la turbulencia intraconducto originada por extensión física del cono de gutapercha al cortar las láminas de fluido, lo cual permite una mejor mezcla en un ambiente donde predomina la viscosidad, como es el tercio apical, esto se atribuye a la frecuencia y energía generada de aproximadamente 3.3 Hz, mediante la ejecución de 100 movimientos de entrada y salida del cono de gutapercha por 30 segundos³⁰, este efecto hidrodinámico neutraliza y bloquea la formación de la burbuja apical²¹.

En el presente estudio la IDM proporcionó un grado de limpieza superior, significativo estadísticamente, en los tercios cervical y apical ($p \leq 0.05$) cuando se comparó con la IC, pero no removió en su totalidad la capa de BD. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Khaord *et al.*³¹ manual dynamic agitation (MDA, quienes compararon la cantidad de barrillo dentinario residual, después de la activación del irrigante, en los conductos mesiales de 20 primeros molares mandibulares, utilizando para ello irrigación sónica (IS), IDM e irrigación pasiva ultrasónica (IPU). Los autores encontraron mayor grado de limpieza en las paredes del conducto luego de la agitación del irrigante ($p=0.0001$). En el antecedente no hubo diferencia estadística significativa entre la IDM y la IPU, al igual que entre la IDM con la IS. Dichos resultados sugieren que, la IDM puede eliminar igual cantidad de BD de un conducto radicular o ser tan efectiva como los sistemas de irrigación asistidos mecánicamente.

Al evaluar la efectividad de distintas técnicas de irrigación (IDM, IC, sistema de irrigación automatizado (RinsEndo), presión negativa apical, canal CleanMax, CanalBrush y NaviTip FX) a través del MEB, en 80 incisivos superiores con magnificaciones de 200 X y 1.000 X, Yilmaz *et al.*³² no encontraron diferencias estadísticas significativas en relación con el grado de limpieza del sistema de conductos radiculares cuando fueron aplicadas las técnicas de activación, mientras que, con la implementación de la técnica convencional, se observa mayor presencia de barrillo dentinario en todos los tercios radiculares. Estas observaciones coinciden con las de la presente investigación, especialmente en aquellos especímenes tratados con IC esta no fue tan eficaz como la técnica de activación de la solución, siendo evidente la presencia de BD en todas las paredes del conducto con predominio en la porción apical. De la misma manera, Çapar y Aydinbelge³³ evaluaron la efectividad de varios protocolos de activación (NaviTip FX, IDM, CanalBrush, IS, presión negativa apical e IPU) sobre la remoción del BD de 108 incisivos laterales superiores. Esta comparación no arrojó diferencias estadísticas significativas en los tercios apical y medio cuando se activó la solución en comparación con la IC

($p > 0.05$), mientras que se encontró menor cantidad de BD ($p < 0.05$) en el tercio coronal. En el presente estudio, se evidencia que el efecto hidrodinámico producto de la activación del irrigante versus la técnica convencional mostró diferencias significativas en los tercios cervical y apical ($p \leq 0.05$) y coinciden con el resultado de la porción media donde se presentaron puntuaciones altas en relación con la presencia de BD ($p > 0.05$).

Es notorio que, la acción mecánica en los fluidos por la IC es relativamente débil ya que luego de emplear dicha técnica las irregularidades del SCR no permiten alcanzar una limpieza adecuada (los instrumentos disponibles en la actualidad lo actúan en la parte central del conducto dejando aleta). Diferentes investigaciones^{17,20,34} señalan que, a pesar de controlar la profundidad de penetración de la aguja y la cantidad del irrigante depositado durante la desinfección química de la terapia endodóntica, pueden persistir microorganismos de manera notable cuando no se activa la solución, específicamente, por la falta de distribución del irrigante hacia las paredes del conducto radicular.

En contraste con los resultados del presente estudio, Ribeiro *et al.*²⁶ no encontraron en su estudio diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) con respecto a la remoción de BD entre cinco protocolos de irrigación (IDM, IC, NaviTip FX, IPU y EndoVac) donde las muestras fueron analizadas a través de microfotografías a 100 X y 1000 X. A pesar que ninguno de los protocolos de irrigación de la solución removió completamente el BD, la IDM fue la menos efectiva entre los métodos de activación del irrigante, debido a los restos de pulpa dental impregnados en la superficie del cono de gutapercha durante los movimientos de vaivén según la evidencia presentada por los autores. Andrabi *et al.*³⁵ compararon el efecto de la IDM, IPU e IC en 45 premolares mandibulares, no hallando diferencia estadística significativa en la capa residual de BD entre los grupos de estudio, en lo que concierne a los tercios coronal y medio del SCR ($p > 0.05$); sin embargo, en la porción apical, para los grupos donde se activó el irrigante los resultados de limpieza fueron, desde el punto de vista estadístico, significativamente mayores que los observados sobre el grupo en el cual no se activó el irrigante ($p < 0.05$). En el presente estudio, la IDM como sistema de activación permitió la limpieza más eficaz del SCR en su porción coronal, en comparación con la IC ($p = 0.012$), lo cual puede deberse a que en la IDM, el empleo del cono de gutapercha no produce corte en los tejidos, descartando el riesgo de generar una nueva capa de barrillo dentinario al entrar en contacto la gutapercha con la dentina de las paredes del conducto.

Conclusiones

La IDM es más eficaz en la remoción del BD, eliminando parcialmente dicha capa del SCR, al compararla con la IC y los grupos controles positivo (IDM con NaOCl al 5.25%) y negativo (IC con cloruro de sodio 0.9%). La IDM fue estadísticamente más eficaz que la IC en la remoción del BD en el tercio cervical y apical del SCR, utilizando como método el análisis de microfotografías tomadas a través del MEB.

Agradecimientos

Los autores desean hacer público su agradecimiento por la ayuda prestada (personal y equipos) a la Cátedra de Endodoncia “Dr. Roger García Sisco” de la Facultad de Odontología de la Universidad de Los Andes, al Centro de Investigaciones Odontológicas de la Universidad de Los Andes (CIOULA), al Laboratorio “E” sección “Microscopía Electrónica de Barrido” de la Universidad Simón Bolívar (USB) y al Centro de Microscopía Electrónica de la Universidad de Los Andes.

Referencias

1. Vera J, Benavides M, Moreno E, Romero M. Conceptos y técnicas actuales en la irrigación endodóntica. *Endodoncia (Mex)* [Internet]. 2012; 30(1): 31-44. Disponible en: http://www.es.acteongroup.com/amlat/pdf/Catalogos/Estudio_Clinico_Irrisafe_201201.pdf.
2. Ricucci D, Siqueira J. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod.* 2010; 36(1): 1-15.
3. Ferreira R, Alfredo E, Porto M, Correia Y, Sousa M. Histological analysis of the cleaning capacity of nickel-titanium rotary instrumentation with ultrasonic irrigation in root canals. *Aust Endod J.* 2004; 30(2): 56-58.
4. Fukumoto Y, Kikuchi I, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. An ex vivo evaluation of a new root canal irrigation technique with intracanal aspiration. *Int Endod J.* 2006; 39(2): 93-99.
5. Miliani R, Lobo K, Morales O. Irrigación en endodoncia: Puesta al día. *Acta Bioclínica* [Internet]. 2013; 2(4): 25-30. Disponible en: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/actabioclinica/article/view/4191>.
6. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006; 32(5): 389-398.
7. Vera J, Arias A, Romero M. Dynamic movement of intracanal gas bubbles during cleaning and shaping procedures: The effect of maintaining apical patency on their presence in the middle and cervical thirds of human root canals - An in vivo study. *J Endod.* 2012; 38(2): 200-203.
8. Peters O, Fied M. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A review. *J Endod.* 2004; 30(8): 559-567.
9. Cachovan G, Schiffner U, Altenhof S, Guentsch A, Pfister W, Eick S. Comparative antibacterial efficacies of hydrodynamic and ultrasonic irrigation systems in vitro. *J Endod.* 2013; 39(9): 1171-1175.
10. García J, Díaz V, Caballero J, Fernández G, Cisneros R. Efecto de distintos protocolos de irrigación en la resistencia a la fractura de dientes tratados de irrigación en la resistencia a la fractura de dientes tratados endodónticamente. *Cient Dent* [Internet]. 2016; 13(Abril): 63-67. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Victor_Diaz-Flores_Garcia/publication/309212673_Efecto_de_distintos_protocolos_de_irrigacion_en_la_resistencia_a_la_fractura_de_dientes_tratados_endodonticamente/links/58060b5008ae5ad188161d23.pdf.
11. Álvarez P, González P, González S, Rodríguez A, Sánchez P. Efectos de los diferentes protocolos de irrigación en la composición de la dentina radicular. *Rev Soc Española Mineral* [Internet]. 2010; 09(13) :39. Disponible en: http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla13/Macla13_039.pdf.

12. Paredes J, Gradilla I, Mondaca J, Jiménez F, Manriquez M. Sistema Endovac en endodoncia por medio de presión apical negativa. *Rev la Asoc Dent Mex* [Internet]. 2009; 66(4): 30-34. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2009/od094e.pdf>.
13. Deus Q, Horizonte B. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J Endod*. 1975; 1(11): 361-366.
14. Soares I, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y fundamentos. *Medica Pan*. Buenos Aires; 2002.
15. Van Der Sluis L, Gambarini G, Wu M, Wesselink P. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2006; 39(6): 472-476.
16. Lee S, Wu M, Wesselink P. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J*. 2004; 37(10): 672-678
17. Townsend C, Maki J. An in vitro comparison of new irrigation and agitation techniques to ultrasonic agitation in removing bacteria from a simulated root canal. *J Endod*. 2009; 35(7): 1040-1043.
18. Gu L, Kim J, Ling J, Choi K, Pashley D, Tay F. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* [Internet]. 2009; 35(6): 791-804. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.620.6618&rep=rep1&type=pdf>
19. Carver K, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* [Internet]. 2007; 33(9): 1038-1043. Disponible en: <http://endodonticcentre.ca/Sites/EndodonticCentre/uploads/documents/28110413095952.pdf>.
20. Jiménez L, Gómez J, Matos M. Irrigación ultrasónica pasiva comparada con irrigación manual en la eliminación del enterococcus faecalis del sistema de conductos (Estudio in vitro). *Acta Odontológica Venez* [Internet]. 2014; 52(2): 1-15. Disponible en: <http://www.actaodontologica.com/ediciones/2014/2/art-9/>.
21. Virdee S, Seymour D, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2018; 51(6): 605-621.
22. Munoz H, Camacho K. In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod*. 2012; 38(4): 445-448.
23. Ahuja P, Nandini S, Ballal S, Velmurugan N. Effectiveness of Four Different Final Irrigation Activation Techniques on Smear Layer Removal in Curved Root Canals : A Scanning Electron Microscopy Study. *J Dent Tehran Univ Med Sci*. 2014; 11(1): 1-9.
24. Vivan R, Bortolo M, Duarte M, Moraes I, Tanomaru M, Bramante C. Scanning electron microscopy analysis of RinsEndo system and conventional irrigation for debris removal. *Braz Dent J* [Internet]. 2010; 21(4): 305-309. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/bdj/v21n4/v21n04a03.pdf>.
25. Palazzi F, Giardino L, Mohammadi Z, Rengo S, Riccitiello F. Debridement effectiveness of two different techniques using negative pressure irrigation system. *G Ital Endod* [Internet]. 2012; 26(3): 117-127. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gien.2012.09.001>.
26. Ribeiro E, Silva Y, Souza A, Sousa M, Lorencetti K, Correa S. Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microsc Res Tech* [Internet]. 2012; 6(75): 781-790. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Aline_Souza-Gabriel/publication/51843811_Debris_and_smear_removal_in_flattened_root_canals_after_use_of_irrigant_agitation_protocols/links/5411efb10cf2fa878ad3936d/Debris-and-smear-removal-in-flattened-root-canals-afte.
27. Hurtado J. El proyecto de investigación. *Metodología de la Investigación Holística*. 4ª Edición. Sypal EQ, editor. Bogotá; 2006. 123-147 p.
28. Schneider S. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg ,Oral Med Oral Pathol*. 1971; 32(2): 271-275.

29. Rome W, Doran J, Walker W. The effectiveness of Gly-Oxide and sodium hypochlorite in preventing smear layer formation. *J Endod.* 1985; 11(7): 281-288.
30. Estrada M, López A. El barrillo dentinario y su importancia en endodoncia. *Rev del Ilus Cons Gen Colegios Odontólogos y Estomatólogos España.* 2019; 24(1): 11-21.
31. Khaord P, Amin A, Shan M, Uthappa R, Raj N, Kachalia T, *et al.* Effectiveness of different irrigation techniques on smear layer removal in apical thirds of mesial root canals of permanent mandibular first molar: A scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent.* 2015;18(4): 321-325.
32. Yilmaz M, Yilmaz S, Dumani A, Kuden C, Yoldas O. Effects of seven different irrigation techniques on debris and the smear layer: A scanning electron microscopy study. *Niger J Clin Pract.* 2017; 20(3): 328-234.
33. Çapar I, Aydinbelge H. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. *Scanning.* 2014; 36(6): 640-647.
34. Gaspar E, Velásquez Z, Evangelista A. Evaluación de tres técnicas de irrigación de conducto radicular frente a la actividad del enterococcus faecalis. *Rev Estomatológica Hered [Internet].* 2013; 23(2): 68-75. Disponible en: <http://www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/REH/article/view/32/25>.
35. Andrabi S, Kumar A, Zia A, Iftekhar H, Alam S, Siddiqui S. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. *J Investig Clin Dent [Internet].* 2013; 4: 188-193. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Syed_mukhtar_un_nisar_Andrabi/publication/236225271_Effect_of_passive_ultrasonic_irrigation_and_manual_dynamic_irrigation_on_smear_layer_removal_from_root_canals_in_a_closed_apex_in_vitro_model/links/0f317535fdc3d561bf.