



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EFFECTO DEL BARRILLO DENTINARIO EN EL
PRONÓSTICO DEL TRATAMIENTO ENDODÓNTICO:
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

GERARDO JIMÉNEZ CRUZ

TUTOR: Esp. JOSÉ RAMÓN PALMA VÁZQUEZ

ASESOR: Mtro. PEDRO JOSÉ PALMA SALAZAR

Cd. Mx.

2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres porque me acompañaron y apoyaron durante este largo trayecto, por tolerarme y darme más de lo que estaba en sus manos, por desvelarse junto a mí, mantener su confianza y cambiar sus hábitos para mejorar mi calidad de estudio. Porque ante las adversidades, ellos siempre antepusieron mi bienestar al suyo.

A mi hermana, por cada risa, gesto o palabra de aliento, por enseñarme que nunca debo rendirme pese a cualquier circunstancia, que siempre podemos dar más, incluso estando enfermos.

A mis tíos Raquel e Ignacio por brindarme la confianza y el apoyo para continuar con los estudios.

A Diana por todos los consejos recibidos hasta en los días más difíciles de mi vida, por confiar en mí y sobre todo por compartir momentos tan valiosos conmigo.

Y a mi tutor y asesor, que han sido mi mano derecha y me han guiado, gracias por brindarme la oportunidad de acompañarme durante este proyecto.



ÍNDICE

Lista de Figuras	IV
Lista de abreviaturas	VI
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO:	2
CAPITULO I. BARRILLO DENTINARIO	3
1.1. Definición.....	3
1.2. Antecedentes.....	4
CAPITULO II. INSTRUMENTACIÓN	5
2.1. Instrumentación manual	6
2.2. Instrumentación accionada por motor.....	6
2.2.1. Instrumentación rotatoria	7
2.2.1.1. Con acción expansible.....	7
2.2.1.1.1. Self Adjusting File	8
2.2.1.1.2. XP-Endo® Shaper	10
2.2.1.1.3. XP-Endo® Finisher	11
2.2.2. Instrumentación recíprocante.....	12
CAPITULO III. SOLUCIONES DE IRRIGACION	13
3.1. Irrigantes.....	13
3.1.1. Hipoclorito de sodio	15
3.1.2. Quelantes	16
3.1.2.1. Ácido etildiaminotetraácetico	17
3.1.2.2. Ácido etidrónico	19
3.1.2.3. Ácido cítrico	20
3.1.2.4. BioPure™	21
3.1.2.5. Qmix® 2 en 1	22
3.1.3. Clorhexidina.....	23
3.2. Técnicas para irrigación final	25
3.2.1. Manual.....	26
3.2.2. Manual Dinámica.....	27



3.2.3. Sónica.....	28
3.2.4. Ultrasónica.....	29
3.2.5. Transmisión fotoacústica inducida por fotones.....	31
3.2.6. XP-Endo® Finisher.....	32
3.2.7. Presión apical negativa.....	33
CAPITULO IV. RELACIÓN DEL BARRILLO DENTINARIO/ OBTURACIÓN	34
4.1. Cementos selladores.....	34
CAPITULO V. EVALUACIÓN DEL BARRIDO DENTINARIO	35
5.1. Métodos para evaluar la eliminación de barrido dentinario.....	35
CAPITULO VI. EFECTO DEL BARRILLO DENTINARIO EN EL PRONÓSTICO ENDODÓNTICO.....	42
CONCLUSIONES.....	44
REFERENCIAS.....	46

Lista de Figuras

Figura 1. Presencia de barrillo dentinario sobre las paredes del conducto radicular y obliteración de los túbulos dentinarios.....	3
Figura 2. Empaquetamiento de barrillo dentinario en los túbulos dentinarios.	4
Figura 3. Presentación comercial y diseño de Self Adjusting File.....	8
Figura 4. Imagen tomada mediante microscopía electrónica de barrido después de la limpieza con Self Adjusting File.....	10
Figura 5. Diseño, forma y tamaño de XP-Endo®Shaper, disponible en longitud de 21, 25 y 31mm.....	11
Figura 6. Diseño, forma y tamaño de XP-Endo®Finisher, disponible en longitud de 21, 25 y 31mm.....	11
Figura 7. XP-Endo®Shaper Plus sequence, disponible en longitud de 21, 25 y 31mm.....	12
Figura 8. Irrigantes más utilizados en el tratamiento del sistema de conductos radiculares.....	15
Figura 9. Presentaciones comerciales de EDTA.....	17
Figura10. Microscopia electrónica de barrido, eliminación de barrillo dentinario utilizando EDTA al 17%.....	18
Figura 11. Presentación comercial de ácido etidróico.....	19
Figura 12. Presentaciones comerciales de ácido cítrico.....	20
Figura 13. Grafica de la eficacia del ácido cítrico en diferentes concentraciones en comparación con EDTA.....	21
Figura 14. Presentación comercial de Biopure MTAD.....	22
Figura 15. Presentación comercial de QMiX 2 in 1.....	23
Figura 16. Presentaciones comerciales de la clorhexidina al 2%.....	24
Figura 17 y 18. Formación de precipitados por la interacción de NaOCl con clorhexidina y NaOCl con EDTA.....	24



Figura 19. Tipos punta de la aguja para irrigación.....	27
Figura 20. Ejemplificación de la técnica de activación manual dinámica.....	28
Figura 21. Endoactivator® y EDDY™, dispositivos sónicos.....	29
Figura 22. Dispositivo ultrasónico: Endoultra®.....	30
Figura 23. Dispositivo Waterlase™, laser de baja potencia para eliminación de BD.....	31
Figura 24. Modificación estructural de XPF.....	32
Figura 25. Ejemplificación del uso de Endovac (Presión apical negativa)....	33
Figura 26. Microtomografía en la que se muestra el cemento sellador penetrando los túbulos dentinarios.....	35
Figura 27. Microscopía electrónica de barrido.....	37
Figura 28. Microscopia electrónica de barrido ambiental.....	38
Figura 29. Evaluación previa de áreas tocadas y no tocadas para la posterior evaluación de barrillo dentinario mediante microscopía electrónica de barrido.....	40
Figura 30. Se puede observar una capa residual generada después de la instrumentación, está señalada con flechas rojas.....	41



Lista de abreviaturas

Ácido etidrónico: HDEP

Ácido etilendiaminotetraacético: EDTA

Ácido cítrico: AC

Activación ultrasónica pasiva: PUI

Barrillo dentinario: BD

Clorhexidina: CHX

Hipoclorito: OCl

Hipoclorito de sodio: NaOCl

Irrigación activada por ultrasonido: UAI

Microscopía electrónica de barrido: MEB

Microscopía electrónica de barrido ambiental: MEBA

Níquel-Titanio: NiTi

Presión apical negativa: PAN

Reducción en el oCl libre: FAC

Rotaciones por minuto: rpm

Self-adjusting-file®: SAF

Sistema de conductos radiculares: SCR

Transmisión fotoacústica inducida por fotones: PIPS

Xp-endo® shaper: XPS

Xp-endo® finisher: XPF

INTRODUCCIÓN

Los procedimientos de limpieza y conformación son los principios clave de un tratamiento endodóntico exitoso. El agente causal principal en la patogénesis de la pulpa y las enfermedades periradiculares son los microorganismos, por lo tanto, el objetivo principal del tratamiento endodóntico es desinfectar el sistema de conductos radiculares, disminuyendo microorganismos y sus subproductos a un nivel compatible con salud para evitar su reinfección durante y después del tratamiento. Esto se lleva a cabo mediante los procedimientos químico-mecánicos, donde los instrumentos están asociados con las soluciones de irrigación.

Durante la limpieza y conformación del conducto radicular, son utilizados diversos instrumentos los cuales producen una capa denominada barrillo dentinario la cual está formada por restos orgánicos e inorgánicos propios de la dentina, tejido pulpar y bacterias.

La eliminación de barrillo dentinario, además de eliminar bacterias, también aumenta la penetración de los irrigantes y medicamentos en la compleja anatomía del conducto radicular, además, promueve una buena adaptación de los materiales de obturación a las paredes de este.

A pesar de la existencia de instrumentos que generan una menor cantidad de barrillo dentinario, es importante su eliminación, ya que modifica y disminuye las capacidades y propiedades de algunas sustancias irrigantes utilizadas para la desinfección del sistema de conductos radiculares, como lo es el NaOCl.

En este texto se hablará sobre las sustancias y técnicas complementarias que intervienen en la eliminación de barrillo dentinario, así como las interacciones, modificaciones y repercusiones que ocurren durante su uso, además de identificar los mecanismos necesarios para la eliminación de barrillo dentinario, y el papel que juega en el pronóstico endodóntico.



OBJETIVO:

Conocer las técnicas utilizadas para la remoción de barrillo dentinario del conducto radicular durante el tratamiento y su influencia sobre el pronóstico endodóntico.

CAPITULO I. BARRILLO DENTINARIO

1.1. Definición

A través de los años la literatura ha demostrado que durante los procedimientos de conformación del conducto radicular se forma una capa residual, conocida comúnmente como barrillo dentinario (BD), la cual está constituida por restos inorgánicos y orgánicos, como son restos de tejido pulpar vital o necrótico y en ocasiones microorganismos (1), el cual puede adherirse a la paredes del conducto radicular hasta penetrar y obliterar los túbulos dentinarios (2). [Figura 1]

El glosario de terminología endodóntica de la Asociación Americana de Endodoncia menciona que el BD también puede contener restos químicos propios de los irrigantes (3), mientras que Prati y cols. mencionan que el BD en retratamientos también contiene partículas de los materiales propios de la obturación del sistema de conductos radiculares (SCR) (4).

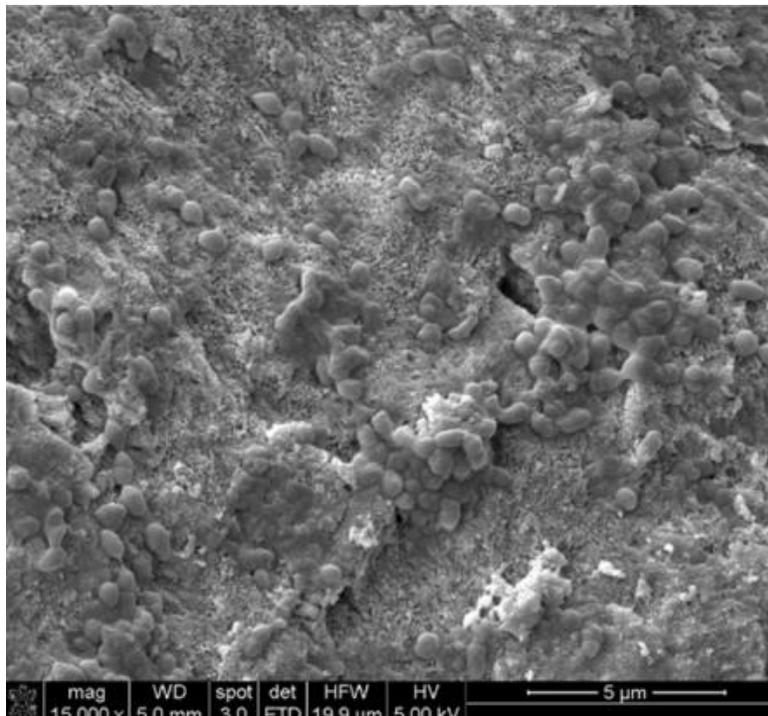


Figura 1. Presencia de barrillo dentinario sobre las paredes del conducto radicular y obliteración de los túbulos dentinarios.

Tomado de [Revista]: <https://doi.org/10.1186/s41121-019-0019-z>

1.2. Antecedentes

El BD fue observado por primera vez en 1970 por Eick y cols. mediante el uso de microsondas de electrones por escaneo al realizar preparaciones cavitarias con fresas de carburo y de diamante (5).

El espesor del BD ha sido descrito por diferentes autores, concluyendo que puede medir de 0.5 a 15 μm (5), (6) (7), extenderse sobre la superficie radicular y penetrar los túbulos dentinarios hasta una distancia de 40 μm por efecto de capilaridad generada por la activación del irrigante (8). [Figura. 2].

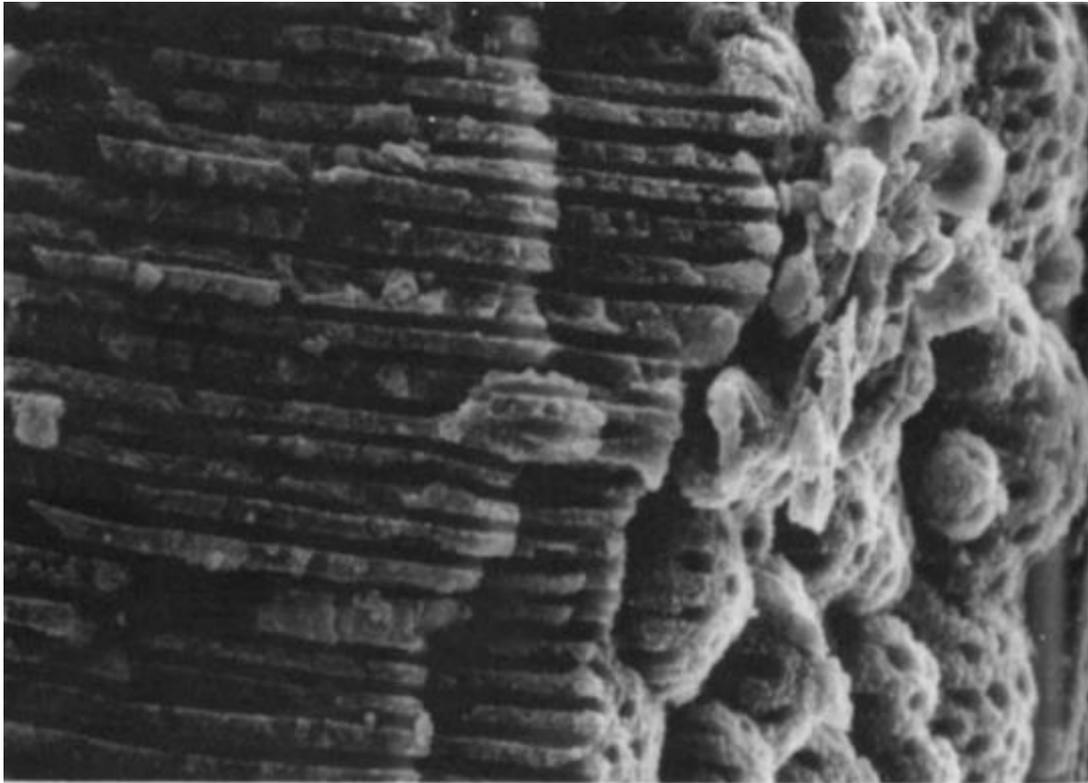


Figura 2. Empaquetamiento de barrillo dentinario en los túbulos dentinarios.

Tomado de [Revista]: [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(84\)80204-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(84)80204-6)



CAPITULO II. INSTRUMENTACIÓN

La capa de BD es producida durante la conformación del SCR cuando el corte del instrumento es eficiente (9), siendo mayor en conductos angostos como lo son los mesiovestibulares de primeros molares superiores, o conductos curvos debido al aumento de la fatiga cíclica y la presión ejercida por los instrumentos (10), o en el tercio apical de los conductos radiculares, debido a que a medida que el conducto radicular se acerca al ápice la sección transversal del instrumento se vuelve más redonda con un diámetro más pequeño por lo que hay un mayor contacto entre el instrumento y la dentina (11), además que interfiere con el paso y el funcionamiento de los irrigantes (12), (13), (14), por la presencia de irregularidades en las paredes dentinales (15).

Todos los instrumentos de endodoncia independientemente de la técnica de instrumentación generan BD en las paredes del conducto radicular (12), (16), incluso en la morfología más simple (17).

Es importante tener en cuenta que la anatomía del conducto radicular es compleja y en muchos casos el BD generado también puede acumularse en áreas que no son tocadas por los instrumentos (11).

Los diferentes diseños de los instrumentos dan como resultado variaciones en la formación y/o eliminación de BD (18). La cantidad y espesor del BD están asociados con la capacidad de corte de los instrumentos sobre la dentina como son: tamaño, conicidad, sección transversal, proximidad de las estrías, ángulo de corte, forma en la que se utiliza el instrumento y el tiempo de uso (18), (3), (13), (19).

Las limas con un diseño más cónico y una sección transversal triangular convexa, proporcionan mayor corte, independientemente del número de hojas (20).



2.1. Instrumentación manual

Dossena y cols. en el año 2013 mencionan que la cantidad de BD generado por instrumentación manual es menor debido a diferentes factores como: el número de instrumentos usados para la conformación de un mismo conducto, el volumen de irrigante y la habilidad del operador (11), así como el material de fabricación, ya que el uso de instrumentos manuales de Níquel-Titanio (NiTi) (k-flexofile) mostraba menor BD debido a la elasticidad del instrumento en comparación con los instrumentos de acero inoxidable (21).

En un estudio realizado por Rahimi y cols. en el año 2008 se menciona que los instrumentos manuales generan menos BD comparado con los instrumentos rotatorios, esto es atribuido a la fuerza ejercida en su uso, a pesar de contar con una mayor rigidez (21).

2.2. Instrumentación accionada por motor

Los instrumentos accionados por motor para la preparación de conductos radiculares de acero inoxidable se han utilizado desde hace más de un siglo, en las primeras décadas sobre todo en piezas de mano que permitían el movimiento reciprocante (horario y antihorario). Los principales problemas de los instrumentos de acero inoxidable eran el transporte del conducto radicular generado por el instrumento y la fractura de este. Debido a esta situación, se desarrollaron nuevos instrumentos con aleaciones de NiTi introducidos por primera vez por Walia y cols. en 1988 (22), cuya característica principal era una mayor flexibilidad (19). Actualmente se siguen desarrollando diferentes tratamientos térmicos y diseños para mejorar las propiedades de los instrumentos.

La alta capacidad de corte y el tiempo de trabajo disminuido de limpieza de los instrumentos mecánicos de NiTi están estrechamente relacionados, por lo cual la cantidad de BD generado por estos instrumentos es mayor (13).

Las limas de NiTi accionadas por motor cuentan con una alta elasticidad, algunas con capacidad de memoria lo que permite respetar la anatomía original del conducto radicular generando una preparación más centrada y disminuyendo el tiempo de trabajo (19).

2.2.1. Instrumentación rotatoria

En el año 2016, Dagna y cols. mencionan que los instrumentos con movimientos de rotación continua favorecen la retención de escombros a lo largo de las ranuras de la lima, evitando la extrusión de estos (14).

Saraf y cols. han demostrado que los sistemas de instrumentación accionados por motor que cuentan con un solo instrumento producen menor BD (12).

Dependiendo de cada instrumento la cantidad de BD producido en el SCR es diferente, sin embargo, Margaret y cols. concluyeron que no existe diferencia significativa cuando se compararon diferentes sistemas rotatorios en la evaluación de la formación de BD en sistemas con un mayor número de limas endodónticas (23).

2.2.1.1. Con acción expansible

En los últimos años se han desarrollado nuevos instrumentos con capacidad de expansión, con la promesa de llegar a zonas anatómicas de difícil acceso para los instrumentos convencionales. Su uso ha logrado una ínfima instrumentación del SCR, como lo son Self-Adjusting-File® (SAF), XP-Endo® Shaper (XPS) y XP-Endo® Finisher (XPF), los cuales tienen una gran importancia en la formación y eliminación del BD (24), (25). Estos instrumentos ofrecen una mayor limpieza del SCR, sin embargo, Mariane y cols. han concluido que el uso de un sistema con capacidad expansible es mejor si se utiliza en función con otro sistema para aumentar la limpieza del conducto radicular como lo es en el caso del XPS y el XPF (26). Autores como Živković

y cols. recomiendan el uso de XPF posterior al uso de XPS como auxiliar de la irrigación para la eliminación de BD (25).

2.2.1.1.1. Self Adjusting File

En el año 2010 la casa comercial Redent Nova™ (Ra'anana, Israel), diseñó un sistema accionado por motor capaz de llevar a cabo la instrumentación e irrigación de manera continua con un solo instrumento Self Adjusting File (SAF), favoreciendo la eliminación del BD (27).

Es un sistema de conformación radicular expansible, basado en limas autoajustables para la instrumentación biomecánica, sin acción de corte. Tiene un diseño cilíndrico ahuecado sólido (sin núcleo) comprensible de 1.5 mm y 2.0 mm de diámetro. Compuesto por un enrejado de NiTi el cual es accionado a 5000 rotaciones por minuto (rpm) con una amplitud de 0.4 mm (27).

Se encuentra disponible en tres longitudes estándar (21, 25 y 31 mm) y dos diámetros (1,5 mm y 2,0 mm) [Figura 3] (17).

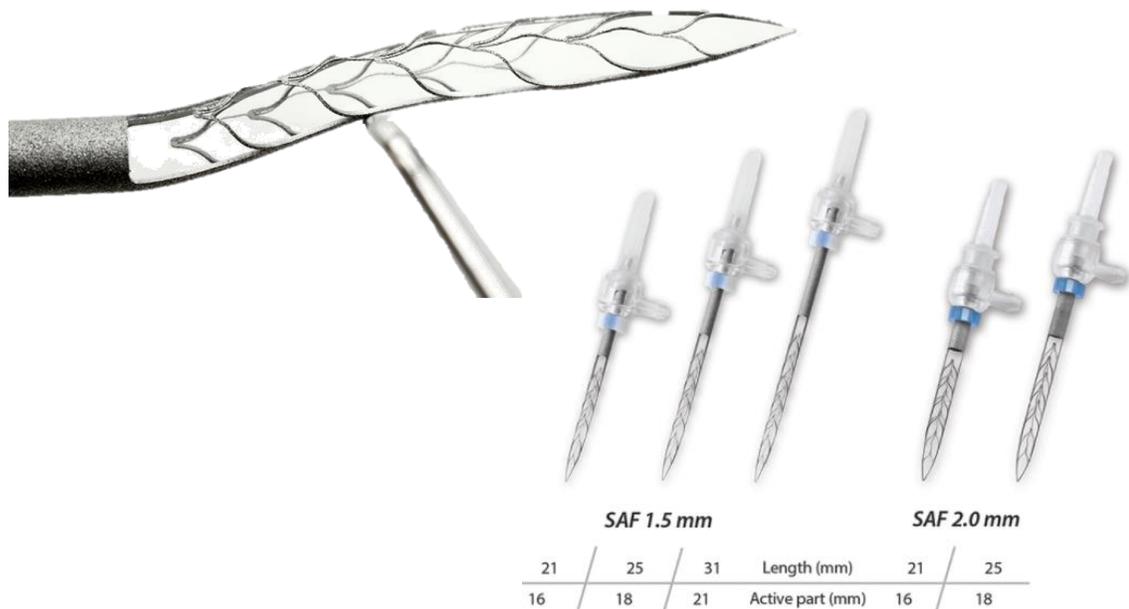


Figura 3. Presentación comercial y diseño de Self Adjusting File.

Tomado de [Internet]: [ReDentNova - Self-Adjusting File](#)



Este sistema presenta un efecto abrasivo, lo que mantiene la integridad de la dentina y preserva la estructura radicular, evitando microfracturas y acumulación de tejido residual en el instrumento (28).

Durante su funcionamiento, la lima está diseñada para ser comprimida hasta un diámetro comparable a una lima ISO #15, mientras se inserta en el conducto radicular intentando recuperar sus dimensiones originales, aplicando así una presión constante y vibraciones sobre las paredes del conducto radicular (27), incluida la capacidad de adaptarse a su sección transversal (17).

En lugar de mecanizar una parte del conducto radicular en una sección transversal redonda, el SAF permite mantener un conducto plano con dimensiones ligeramente más grandes (26).

El área ahuecada del SAF permite el riego continuo del conducto radicular durante todo el procedimiento que va de 1 a 10ml/min, con activación adicional del irrigante por su movimiento vibratorio, generando turbulencias en el conducto radicular a través de un dispositivo de riego denominado VATEA, favoreciendo la eliminación de BD (29).

Para la eliminación del BD la dentina debe estar expuesta primero a hipoclorito de sodio (NaOCl). En áreas donde no hubo exposición de NaOCl la efectividad del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) puede ser limitada. El fabricante recomienda el uso de SAF durante cuatro minutos, durante este tiempo el NaOCl es capaz de recorrer todas las superficies del SCR, incluso penetrar en los túbulos dentinarios (30).

A pesar de ser un instrumento expandible y teóricamente uno de los sistemas rotatorios que genera mayor cantidad de BD, este sistema es una de las mejores opciones para su eliminación debido a la preparación e irrigación continua. Estudios comparativos han evidenciado la eficacia de este sistema incluso en el tercio apical (24), (16), (26),(31).

Diferentes autores han demostrado su eficacia en la eliminación de BD (12), (31), (29) en comparación con otras técnicas como son: activación del irrigante mediante un sistema rotatorio o activación ultrasónica (32).

El BD ha demostrado ser difícil de eliminar en su totalidad, esto ha dependido de las técnicas de irrigación y de las propiedades de los irrigantes, por lo que SAF recomienda su uso para la activación del EDTA sin la suministración directa del dispositivo para la obtención de buenos resultados (33). [Figura 4]

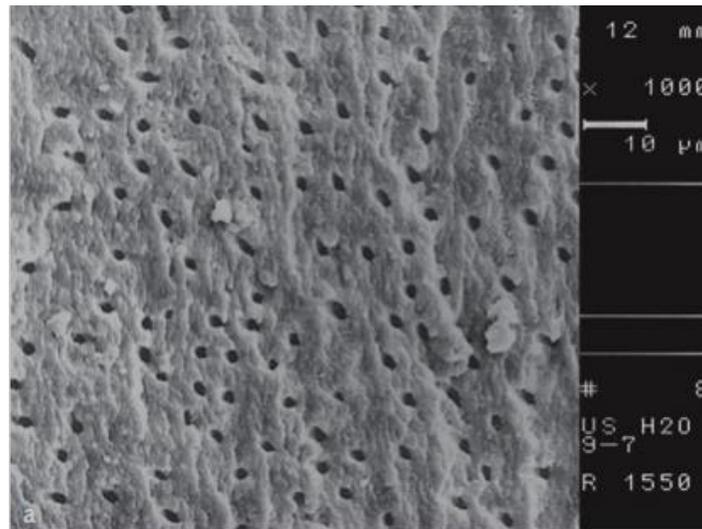


Figura 4. Imagen tomada mediante microscopía electrónica de barrido después de la limpieza con Self Adjusting File.

Tomado de [Internet]:

http://www.quintpub.com/userhome/endo/endo-ept_12_3_hlsmann_p151.pdf

2.2.1.1.2. XP-Endo® Shaper

En el año 2016 la casa comercial FKG™ de Dentaire (La Chaux-de-Fonds, Switzerland), presentó por segunda vez un instrumento de la línea XP-Endo®, el XP-Endo Shaper® (XPS), un sistema de rotación continua de una sola lima en forma de “S” y con capacidad de expansión, cuyo uso es recomendable a 800 rpm (25) , está fabricado con aleación MaxWire (Martensita-Austenita Electropulido-Flex). Según el fabricante el instrumento cuenta con un tamaño en la punta de ISO # 30 y conicidad 0.01 (34), que permanece a temperatura

ambiente la cual se modifica a temperatura corporal (35° C) a una conicidad 30/.04 [Figura 5], según Tabbara y cols. la expansión máxima es de hasta 0.08 a 34 ° C. Cuenta con una mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica en comparación con los instrumentos de NiTi sin tratamiento térmico, debido a su conicidad y diámetro del núcleo, el XPS puede adaptarse fácilmente a la anatomía del SCR (35).

XP-endo® Shaper



Length / Longueur (mm)	ISO	Taper / Conicité	Blister 3 pcs	Blister 6 pcs
21	30	0.04	S1.XB0.00.0AJ.FK	S1.XB0.00.0AF.FK
25			S1.XB0.00.0AK.FK	S1.XB0.00.0AG.FK
31			S1.XB0.00.0AL.FK	S1.XB0.00.0AH.FK

Figura 5. Diseño, forma y tamaño de XP-Endo®Shaper, disponible en longitud de 21, 25 y 31mm.

Tomado de [Internet]: FKG_Catalogue_Appendix_XX_WEB_202010.pdf

2.2.1.1.3. XP-Endo® Finisher

Este instrumento fue diseñado en el año 2015, introducido por la casa comercial FKG de Dentaire (La Chaux-de-Fonds, Switzerland), presentado por primera vez como un sistema de rotación continua, de una sola lima y con capacidad de expansión. Xp-EndoFinisher (XPF), tiene un diámetro ISO es # 0.25 y su conicidad de 0.00. [Figura 6]

XP-endo® Finisher*



Length / Longueur (mm)	ISO	Taper/ Conicité	Blister 3 pcs	Assortment / Assortiment
21	25	0.00	S1.XB0.00.0AC.FK	-
25			S1.XB0.00.0AA.FK	
31			S1.XB0.00.0AP.FK	

Figura 6. Diseño, forma y tamaño de XP-Endo®Finisher, disponible en longitud de 21, 25 y 31mm.

Tomado de: FKG_Catalogue_Appendix_XX_WEB_202010.pdf

A pesar de que el lanzamiento del XPS fue posterior al XPF, la casa comercial FKG recomienda el uso de este como complemento para la limpieza y conformación del SCR, incluyéndolo a la venta como un solo sistema (XP-Endo® Shaper Plus). [Figura 7]

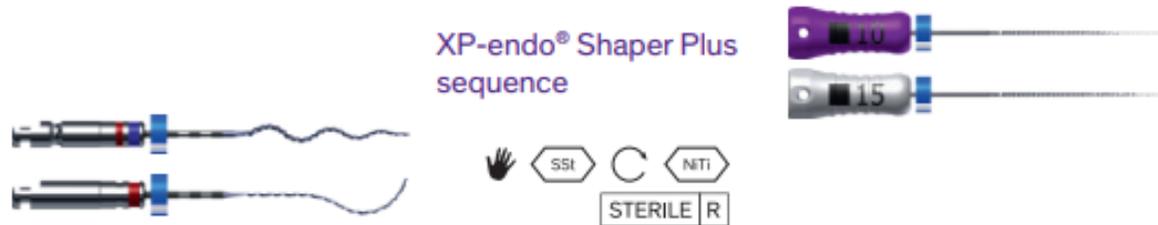


Figura 7. XP-Endo®Shaper Plus sequence, disponible en longitud de 21, 25 y 31mm. Tomado de [Internet]: [FKG Catalogue Appendix XX WEB 202010.pdf](#)

La línea de instrumentos XP Endo® son más efectivos en la conformación del SCR, eliminación de escombros y BD además de que facilitan la irrigación y eficacia en la eliminación del biofilm del conducto radicular (36).

XPF fue desarrollada con el propósito de refinar el conducto y aumentar el efecto de los irrigantes para mejorar la eliminación de BD de las paredes del SCR (36). Esta capacidad será descrita en el capítulo III apartado 3.2. Técnicas de irrigación final.

2.2.2. Instrumentación recíprocante

Se define como un avance y retroceso repetido con movimiento horario y antihorario, fue utilizado inicialmente en 1960 usando limas de acero inoxidable (Giromatic a 90°). Actualmente se utilizan diferentes sistemas con aleaciones de NiTi (37).

La instrumentación recíprocante cuenta con variantes incluyendo la reciprocidad completa (oscilación), parcial (efecto rotacional) e híbrida (movimientos combinados) (38).



Este tipo de instrumentación es capaz de reducir la amplitud del movimiento hacia una oscilación menor con una frecuencia más alta, disminuyendo errores iatrogénicos y daños mecánicos (37).

Dagna y cols. han demostrado que al contrario de la instrumentación rotatoria, los sistemas reciprocantes transportan y compactan restos de BD mediante la instrumentación hacia conductos laterales y a través del ápice (14).

Violich y cols. concluyeron que la instrumentación manual y reciprocante produce menor BD en comparación con la instrumentación rotatoria continua, estos resultados se deben a la cinemática del movimiento horario y antihorario (39).

Plotino y cols. concluyeron que la mayor producción de BD entre sistemas reciprocantes dependía más del diseño de la lima en comparación con la cinemática y número de instrumentos (38).

CAPITULO III. SOLUCIONES DE IRRIGACIÓN

3.1. Irrigantes

Durante la preparación biomecánica más del 35%-40% de las paredes del conducto radicular permanecen intactas durante la instrumentación debido a las complejidades anatómicas (40), lo cual puede conducir al fracaso del tratamiento endodóntico (41), sin embargo, el uso de irrigantes ha ayudado a eliminar los residuos tisulares restantes creados por la acción del corte así como neutralizar la carga bacteriana (con limitaciones) (24) hasta niveles compatibles con salud (42). [Figura 8] Durante la instrumentación del SCR el biofilm y el BD no logran ser eliminados por completo por lo que es necesario un constante recambio de solución irrigadora que genere un arrastre mecánico para una mayor desinfección. La eliminación del BD es esencial para lograr una desinfección exhaustiva y adecuada para la posterior obturación del SCR (23).



Los objetivos de la irrigación en endodoncia se dividen en biológicos, químicos y mecánicos.

- Biológicos: eficacia frente a microorganismos, erradicación o activación de biofilm e inactivación de endotoxinas (43).
- Químicos: disolución de tejido orgánico e inorgánico, remoción de dentina y BD. Estos efectos solo pueden esperarse de algunas soluciones químicamente activas como por ejemplo: NaOCl y EDTA (19).
- Mecánica: lubricación de las paredes del conducto radicular, eliminación de microorganismos / biopelícula, restos de tejido pulpar, así como restos de dentina gracias a las fuerzas aplicadas por el flujo del irrigante. Estos efectos pueden esperarse tanto de irrigantes químicamente activos (NaOCl) o inertes (agua, solución salina) (43).

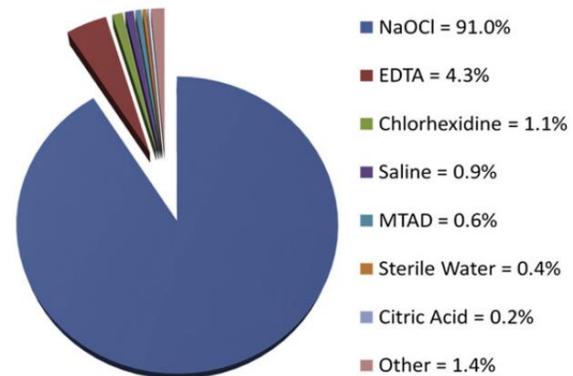
Las soluciones irrigantes disminuyen su efectividad cuando entran en contacto con el tejido residual y BD por lo cual dependen del volumen, el recambio y la presión para mantener sus capacidades por lo que la simple inundación del conducto con un irrigante puede ser ineficaz (33).

La eficacia de la irrigación del SCR en cuanto a la eliminación de residuos depende de varios factores: profundidad de penetración de la aguja, diámetro del conducto radicular, diámetro interno y externo de la aguja, presión de la irrigación, viscosidad del irrigante, velocidad del irrigante en la punta de la aguja, tipo y orientación del bisel de la aguja, así como las propiedades del irrigante (19).

Los irrigantes con capacidad de disolución y propiedades de desbridamiento químico se pueden mejorar realizando modificaciones del pH, tensión superficial, concentración y temperatura, así como el uso combinado con agitación para mejorar su velocidad de reacción y eficacia (43).

Figura 8. Irrigantes más utilizados en el tratamiento del sistema de conductos radiculares.

Tomado de [Internet]:
https://www.google.com/search?q=hipoclorito+de+sodio+venta+odontologia&tbm=isch&ved=2ahUKewjQg_nl3KfvAhXFK6wKHdzAC4UQ2-cCegQIABAA&oeq=hipoclorito+de+sodio+venta+odontologia&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAQHjoECAAQGFCxOlixTWDNTmgBcAB4AIBdYgBpgmSAQ QxMS4ymAEAoAEBqgELZ3dzLXdpeiIpbWfAAQE&scient=img&ei=ycdJYJD7DcXXsAXcga-



3.1.1. Hipoclorito de sodio

Es una solución halogenada hipertónica con pH alcalino (>11), es el irrigante más utilizado desde su introducción a la endodoncia por Coolidge en 1918, cuenta con una excelente capacidad antimicrobiana y disolvente tanto en superficies instrumentadas, no instrumentadas, restos pulpares vitales o necróticos, biofilm, matriz de colágeno y el componente orgánico del BD (acción proteolítica) (19). Su principal desventaja es que no tiene efecto sobre materia inorgánica y es altamente irritante para los tejidos periradiculares (44).

El NaOCl se ha utilizado en concentraciones que van del 0.5% al 8.25% (28). Actualmente las soluciones más utilizadas son del 1%, 2.5% y 5.25%, siendo la última la más recomendada para la eliminación del componente orgánico del BD (43).

Se han propuesto protocolos de irrigación que utilizan NaOCl alternado con un agente descalcificante, por ejemplo, EDTA o ácido cítrico (AC) para la eliminación de BD tanto del material orgánico e inorgánico. Sin embargo, estas interacciones generan reactividad química del hipoclorito (OCI) con la mayoría de quelantes, especialmente aquellos en forma ácida. Los agentes quelantes



más compatibles con OCl son el ácido etidróico (HEDP), y el EDTA tetrasódico (45).

El aumento de temperatura del NaOCl también se ha estudiado en combinación con soluciones quelantes como EDTA o HEDP ya que aceleran la degradación de las proteínas presentes en el BD, promueven la eliminación de biofilm y aumentan la disolución del contenido orgánico del BD, sin embargo, causan una reducción en el OCl libre (FAC), conduciendo a una pérdida de sus propiedades (40).

3.1.2. Quelantes

Fueron introducidos a endodoncia inicialmente con el propósito de reblandecer la dentina y favorecer el tratamiento de los conductos estrechos y calcificados, posteriormente se ha propuesto para la eliminación de BD. Son sustancias ácidas que sustraen iones metálicos de la dentina tales como calcio, magnesio, sodio, potasio, con lo que reblandecen y favorecen la limpieza de las paredes del SCR (46).

Los agentes quelantes se pueden clasificar en fuertes (EDTA y AC) o débiles (HBPT) (45).

Haapasalo y cols. mencionan la importancia sobre la aplicación previa de NaOCl ya que ayuda al quelante a eliminar el componente inorgánico del BD debido a la eliminación de la materia orgánica (47). También se recomienda el uso de suero fisiológico o agua bidestilada posterior al uso de quelantes ya que estos generan cristales en las paredes del conducto radicular sin generar reacciones adversas como los precipitados (48).

Tanto HEDP como EDTA están disponibles como sales disódicas y tetralógicas, dependiendo del pH deseado (33).

3.1.2.1. Ácido etildiaminotetraacético

Es un ácido aminopolicarboxílico $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]_2$ con un pH de 5 a 7, fue descrito por primera vez en 1935 por Ferdinand Münz e introducido a endodoncia por Nygaard-Østby en 1957. Cuenta con acción quelante capaz de secuestrar iones di y trivalentes. Se puede encontrar en presentaciones líquido o pasta. [Figura 9]



Figura 9. Presentaciones comerciales de EDTA.
Tomado de [Internet]: [edta 17% - Búsqueda de Google](#)

Presenta una mayor afinidad por el calcio, es decir, una mayor constante de disociación del complejo. En consecuencia, el EDTA tiene un mayor efecto desmineralizante que el HEDP por lo que puede erosionar la dentina (45). Por tanto, se han propuesto soluciones de EDTA con una concentración que no rebase el 17% (40). Aunque autores como Goldman, Pérez y Texeira han indicado que el EDTA debe utilizarse al final de la instrumentación, la literatura ha demostrado variaciones en el volumen y el tiempo de irrigación, mostrando que estas soluciones deben permanecer en contacto con las paredes del conducto radicular de 30 segundos a 10 minutos, sin embargo, a mayor tiempo de contacto, mayor será la disolución progresiva de la dentina con potencial erosivo en la zona peri e intertubular (49).

Se ha demostrado que el EDTA al 3% puede eliminar el BD con la misma eficacia que al 24% (45), sin embargo, puede causar erosión de la dentina

irreversiblemente de 20 a 30 μ m cuando se usa durante periodos largos (5 min) o a concentraciones altas causando ablandamiento de la dentina por la degradación de las fibras de colágeno y como consecuencia, la afectación de la unión de los materiales de obturación del conducto radicular (50), (51).

Dewi y cols. sugieren el uso de 10ml de EDTA al 17% durante 2 minutos seguido de 1ml de NaOCl al 5% para la eliminación de BD [Figura 10] como irrigante final (51). Beraldo y cols. mencionan que se obtienen mejores resultados utilizando EDTA e NaOCl desde el inicio de la instrumentación hasta su finalización de forma alternada para la eliminación de BD hasta el tercio apical (49).

Las principales desventajas de esta solución son: la disminución de la adhesión de cementos a base de resina, disminución del cloro activo cuando se combina con NaOCl y la producción de un precipitado en combinación con la clorhexidina (CHX) (40).

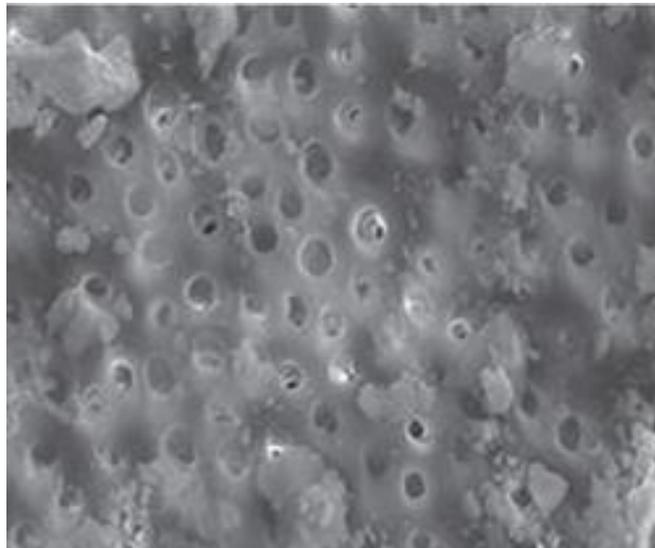


Figura 10. Microscopia electrónica de barrido, eliminación de barrillo dentinario utilizando EDTA al 17%.

Tomado de [Revista]: 10.4103/0972-0707.157266

3.1.2.2. Ácido etidrónico

Es un ácido débil biocompatible con acción quelante (19). Se sugirió como sustituto del EDTA debido a que tiene menos efectos adversos en la dentina. Es considerado el único quelante que se puede mezclar con NaOCl (2,5% NaOCl / ácido etidrónico al 9%) sin interferir con su propiedad antimicrobiana y proteolítica, además de eliminar la impactación de escombros y BD. También tiene una gran capacidad de unión a iones Ca^{2+} (33), (45). [Figura 11]



Figura 11. Presentación comercial de ácido etidrónico.
Tomado de [INTERNET]: [dual rinse - Búsqueda de Google](#)

Autores mencionan que su uso disminuye la formación de BD durante la instrumentación (33). Las concentraciones varían del 7 al 18%, siendo la última las más recomendada. Ha demostrado mejor acción en comparación con las partículas de YAG y el EDTA al 17% (52).

3.1.2.3. Ácido cítrico

Es un ácido orgánico débil que se presenta en forma de polvo. El CA tiene dos formas disponibles, monohidro y anhídrido (sin agua) (50). [Figura 12]

Se utiliza como irrigante del conducto radicular para eliminar BD gracias a su acción quelante, se ha ido utilizando en concentraciones del 1 al 50%. Cuenta con una alta capacidad antimicrobiana, siendo la concentración del 10% la más eficaz y por ello la más utilizada.



Figura 12. Presentaciones comerciales de ácido cítrico.

Tomado de [INTERNET]: [ácido cítrico endodoncia - Búsqueda de Google](#)

Se ha demostrado que el AC al 10% tiene la misma eficiencia para la eliminación del BD que el EDTA al 17% desde los primeros 30 segundos, y a menores concentraciones (1 y 10%) han demostrado causar una eliminación de calcio más fuerte que el 17% de EDTA, sin embargo, la concentración del 10% de AC es dos veces más efectiva que el 1% de AC (53). [Figura 13]

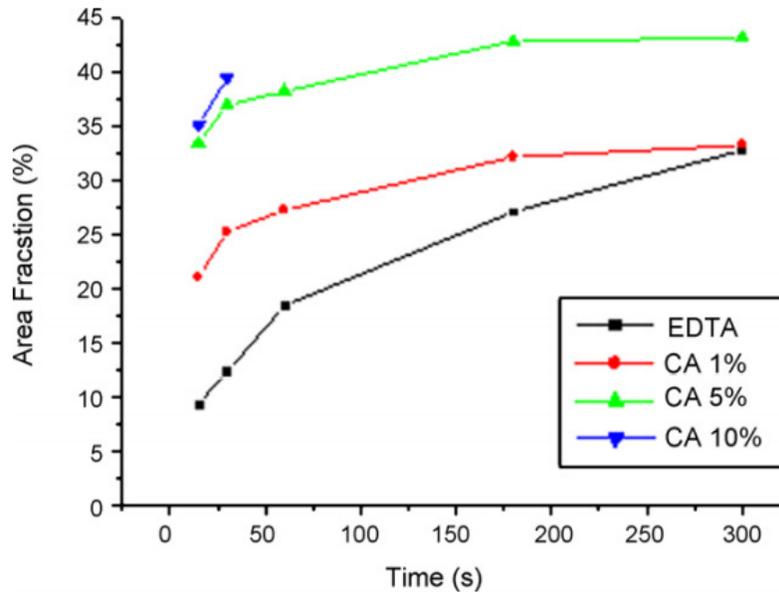


Figura 13. Grafica de la eficacia del ácido cítrico en diferentes concentraciones en comparación con EDTA.

Tomado de [Revista]: doi:10.1016/j.dental.2008.03.027

El aumento del pH es un factor muy importante a la hora de utilizar el AC, Hennequin y cols. reportaron mejores resultados de desmineralización utilizando un pH de 1.1, concluyendo que el pH es un factor decisivo para eliminar BD. Haznedaroglu y cols. menciona que aumentos de 2.38, 2.44 y 3.04 de pH disminuyen la capacidad de eliminación del BD (54).

Es capaz de mezclarse con diferentes soluciones sin generar reactividad o precipitados. Y en la adición con CHX no se detectó ningún cambio en el efecto de desmineralización pero si en su capacidad antimicrobiana (51).

3.1.2.4. BioPure™

También conocido como MTAD® Dentsply Maillefer, (Ballaugues, Suíça), fue presentado en 2003 por Torabinejad y cols. es una solución acuosa con capacidad quelante y antimicrobiana, contiene de 4.25% de AC, 3% de doxiciclina de 150mg/5 ml y detergente de polisorbato 80 al 0.5% (Tween 80) (51). [Figura 14]

Torabinejad y cols. propusieron al MTAD® como una solución eficaz para la eliminación de BD con cambios mínimos en la estructura de los túbulos dentinarios posterior a la irrigación con NaOCl (50). Se sugiere el uso de 1ml



Figura 14. Presentación comercial de Biopure MTAD.

Tomado de [INTERNET]: [biopure metad - Búsqueda de Google](#)

de MTAD® durante 5 minutos posterior a la irrigación de NaOCl al 1.3% para obtener la mayor eficacia contra el BD, además de usar 4 ml adicionales de MTAD® como irrigante final (33).

Según el fabricante se mezcla la parte líquida y el polvo antes de su uso. El MTAD® se ha recomendado como irrigante final después de completar la preparación químico-mecánica (33). Tay y cols. advierten que la erosión generada en los túbulos dentinarios es mayor que la del EDTA y la matriz de dentina desmineralizada resultante por MTAD® es más gruesa que del EDTA (50).

3.1.2.5. Qmix®

Se introdujo en el año 2011 por la casa comercial Dentsply Maillefer, (Ballaugues, Suíça), consiste en un agente quelante con acción antimicrobiana, derivado del ácido policarboxílico, un análogo de CHX al 2% (triclosán), surfactante y agua desionizada (51). [Figura 15] El fabricante recomienda su

uso al final de la instrumentación durante 3 minutos después de la irrigación con NaOCl para la eliminación de BD. Tiene un efecto quelante similar al EDTA y mejor capacidad en la eliminación del BD en comparación con



Figura 15. Presentación comercial de QMiX 2 in 1.
Tomado de [INTERNET]: [qmix - Búsqueda de Google](#)

Tetraclean®, Biopure MTAD®, ácido fólico y Tubilial plus, y menos eficaz que ácido fólico al 9%, AC al 10% y EDTA al 17% (23). Qmix® ha demostrado un mejor efecto cuando se utiliza durante tres minutos en comparación con un minuto (23).

3.1.3. Clorhexidina

Es una biguanida catiónica estable soluble en agua, cuenta con un pH de 5.5-7 (33). Es una solución con actividad antimicrobiana de amplio espectro (capaz de eliminar *enterococcus-faecalis* y *candida albicans*) (51), cuenta con una toxicidad considerablemente menor que NaOCl. La concentración de CHX más utilizada para el tratamiento del SCR es del 2%. Concentraciones más altas actúan como detergente ejerciendo un efecto bactericida, mientras que las concentraciones bajas solo proporcionan un efecto bacteriostático. Se puede utilizar en gel o solución con la misma eficacia (51). [Figura 16]

Exhibe la propiedad única de sustantividad; las cargas positivas de la molécula CHX se unen a las cargas negativas en las superficies dentales, lo que resulta en una adherencia prolongada, lo que a su vez conduce a una actividad antimicrobiana duradera (42).



Figura 16. Presentaciones comerciales de la clorexidina al 2%.

Tomado de [Internet]: [chx 2% - Búsqueda de Google](#)

Una desventaja de la CHX es la formación de un precipitado en combinación con el NaOCl dando como resultado 4-cloroanilina [Figura 17] ,capaz de penetrar los túbulos dentinarios, además de ser tóxico puede manifestar la formación de metahemoglobina (33), en combinación con EDTA también produce un precipitado generando sales (ácido tricloroacético) (19). [Figura 18]

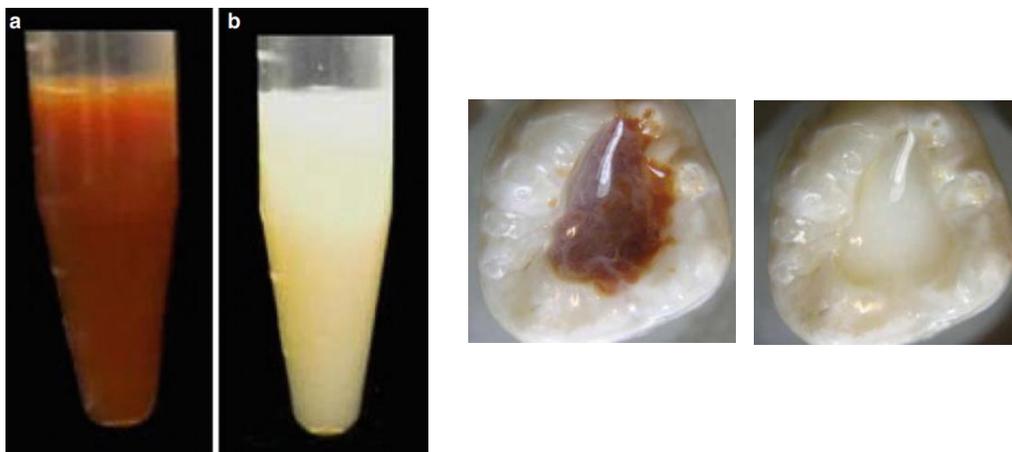


Figura 17 y 18. Formación de precipitados por la interacción de NaOCl con clorexidina y NaOCl con EDTA.

Tomado de [Libro]: [10.1007/978-3-319-16456-4.pdf \(unam.mx\)](#)



La CHX también ha sido estudiada con la adición de AC mostrando mejores resultados en comparación con EDTA al 17%, además de contar con una alta actividad antimicrobiana, demostró tener una gran capacidad para eliminar el BD de forma indirecta ya que aumenta la tensión superficial del AC (51).

El combinación de AC y CHX al 6 y 10% no modifica las propiedades descalcificantes de la solución, su combinación proporciona una amplia actividad antimicrobiana ante *Candida albicans* y *Enterococos faecalis* y la capacidad de eliminación de BD, esta mezcla puede simplificar los procedimientos de irrigación y disminuir la toxicidad tisular, además que esta adición no disminuye la capacidad desinfectante del irrigante (51).

3.2. Técnicas para irrigación final

Independientemente de los sistemas de instrumentación, la concentración, tiempo y volumen de los irrigantes, es posible que las bacterias y el BD persistan en las complejidades anatómicas del conducto radicular, por ello se han implementado técnicas para mejorar la acción del irrigante a través de agitación para mejorar su eliminación. Las técnicas utilizadas para la remoción del BD incluyen la activación manual, activación manual dinámica (AMD), sónica, ultrasónica, transmisión fotoacústica inducida por fotones (PIPS), el uso de XPF y la presión apical negativa (ANP) (55).

Dentro del SCR existe un efecto conocido como vapor lock, el cual consiste en la formación de burbujas en el trayecto del conducto, este puede dispersarse mediante irrigación estática, ya sea con jeringa y una aguja fina o con ANP. Toda irrigación final requiere de una agitación adicional de la solución con la finalidad de distribuir e intercambiar irrigantes en las complejidades de la anatomía apical (33).

3.2.1. Manual

Ha sido la técnica de irrigación estándar durante muchos años (56), en ella se utiliza una aguja adaptada a una jeringa. La punta de la aguja debe colocarse de 1-2 mm de la longitud de trabajo utilizando un volumen grande e intercambiando frecuentemente los irrigantes para mejorar la desinfección, aunque permite un buen control de los irrigantes, se ha informado que es ineficaz para eliminar BD y distribuir los irrigantes en las porciones apicales del SCR (24).

Yana y cols. distinguieron dos modalidades diferentes en el proceso de irrigación:

1. Riego estático (pasivo): cuando el irrigante se administra con la jeringa depende de la profundidad de penetración de la aguja.
2. Riego dinámico (activo): la irrigación se divide en dos partes:
 - ✚ La profundidad de penetración del irrigante durante el uso de un instrumento con relación al tamaño y movimiento aplicado de este.
 - ✚ El intercambio de irrigante como por ejemplo: el uso del cono de gutapercha para la agitación del irrigante (33), (41).

A pesar de que la irrigación por aguja es la técnica más utilizada, tiene algunas desventajas como la penetración de la solución del irrigante dependiendo de la distancia de la punta y el diseño de la aguja a la longitud de trabajo (41).

Los mejores resultados en la eliminación del BD han sido obtenidos mediante el uso de agujas con caudales laterales (33). [Figura 19]

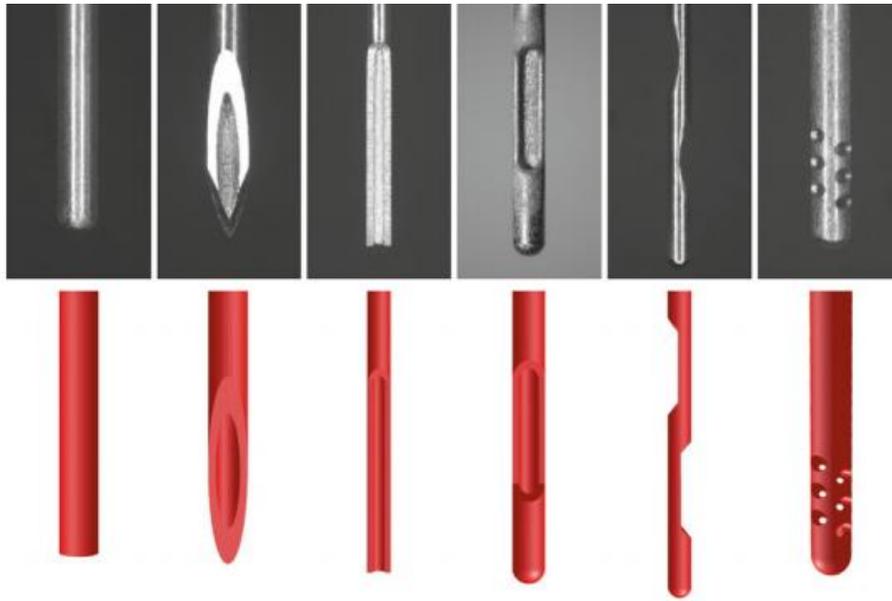


Figura 19. Tipos punta de la aguja para irrigación.

Tomado de [Libro]: [10.1007/978-3-319-16456-4.pdf](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16456-4.pdf) (unam.mx)

3.2.2. Manual Dinámica

Esta técnica describe el bombeo generado por un movimiento de picoteo (desplazándolo hacia arriba y hacia abajo en un conducto lleno de irrigante) con un cono de gutapercha, a una frecuencia de 2 Hz (aproximadamente 100 golpes por minuto) (32). Esta transporta irrigante al tercio apical del conducto donde la aguja no puede penetrar, fluyendo a lo largo de las paredes de este. El proceso también puede generarse en menor grado por la inserción y extracción de instrumentos para la conformación (57). Estudios han demostrado las limitaciones de este procedimiento para la eliminación de BD proporcionando resultados negativos en el tercio apical, su eficacia disminuye en conductos curvos y puede generar transportación de los residuos (33) [Figura 20]

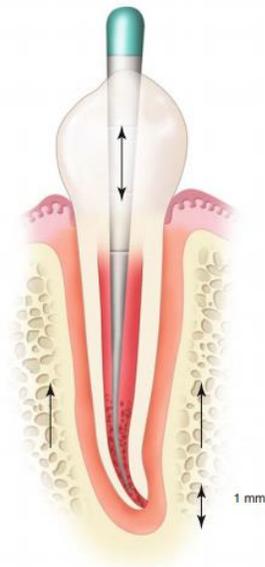


Figura 20. Ejemplificación de la técnica de activación manual dinámica.

Tomado de [Libro]: [10.1007/978-3-319-16456-4.pdf](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16456-4.pdf) (unam.mx)

Caron y cols. propusieron un protocolo de irrigación final para la eliminación de BD utilizando la técnica de MDA:

- Seleccionar un cono de gutapercha ligeramente menor a la conicidad del conducto radicular y ajustarlo 1 mm menos a la longitud de trabajo.
- Posterior a la succión de NaOCl, el conducto deberá ser llenado con 1 ml de EDTA, el cual será activado mediante MDA con un cono maestro y movimientos de picoteo durante un minuto.
- Colocar otro ml de EDTA durante 30 segundos y succionar.
- Irrigar con 1 ml de NaOCl y repetir el protocolo durante 30 s.
- Finalizar con 3 ml de NaOCl (58).

3.2.3. Sónica

La irrigación activada por sonido, representada principalmente por el Endoactivator® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) utiliza una activación subsónica (166-190 Hz) y EDDY™ (VDW, Múnich, Alemania) [Figura 21] una activación de 5000–6000 Hz (59). Estos dispositivos utilizan puntas de

polímero (56), las cuales son activadas a 10.000 ciclos/minuto durante 30-60 segundos (43).



Figura 21. Endoactivator® y EDDY™, dispositivos sónicos.
Tomado de [Internet]: [sonic_irrigation_in_endodontics](#) - Búsqueda de Google

Es efectivo para la remoción de BD, sus resultados son superiores a las técnicas manuales y manual dinámica, sin embargo, este dispositivo no logra optimizar la capacidad de penetración de los irrigantes, además de tener un menor alcance en el tercio apical (60).

3.2.4. Ultrasónica

El uso del ultrasonido en endodoncia fue descrito por Martin y Cunningham en 1976. En 1980 Wheler y cols. describieron la activación ultrasónica pasiva (PUI) (41). Durante este proceso, la energía se transmitía desde una lima o alambre que oscilaba al irrigante por medio de ondas ultrasónicas que promueven la dispersión de estos a través de implosiones de burbujas, induciendo transmisión acústica y cavitación del irrigante. Los dispositivos ultrasónicos requieren vibraciones superiores a 20.000 Hz, aunque los

productos comerciales tienen una frecuencia que varía en el rango de 250,000–40,000 Hz, como lo es el EndoUltra® Ultrasonic Activator (Vista, Racine, Wisconsin, USA)(59) (43). [Figura 22]

El término PUI es incorrecto, “pasivo” implica el resultado de una acción y en el caso de la activación ultrasónica fue propuesta debido a su uso posterior a la instrumentación, sin la intención de conformar el conducto o impactar las paredes de este, sin embargo, a pesar de que no tiene esta capacidad existe un contacto del instrumento a la pared (por lo menos el 20%), debido a esto Boutsoukis y cols. modificaron la terminología a irrigación activada por ultrasonido (UAI), aunque también se le puede denominar activo según las modalidades de irrigación de Yana y cols. (33).

Figura 22. Dispositivo ultrasónico: Endoultra®.

Tomado de [Internet]: [endoultra - Búsqueda de Google](#)



El UAI es utilizado para promover sinergismo del irrigante y así aumentar la eliminación de BD, debris, bacterias y restos de medicamentos, tanto en conductos curvos y rectos. Consiste en el uso de una lima o inserto prefabricado, el cual es adaptado a la pieza de mano (43).

3.2.5. Transmisión fotoacústica inducida por fotones (PIPS)

Es una técnica de agitación activada por láseres de Erblio, usando una longitud de onda entre 2780 a 940nm ya sea con (ER: YAG- Er:YAG (cristal de granate de aluminio e itrio) o Er,Cr:YSGG (cristal de granate de galio escandio e itrio sensibilizado con cromo) (43).

Inicialmente se utilizaron puntas endodónticas desarrollados por Biolase® (Irvine, CA) las cuales emitían el láser en una dirección radial que se extendía a las paredes del SCR, eliminando el BD, sin embargo, la longitud de onda utilizada (2780nm) en agua e hidroxiapatita impedía la desinfección profunda de los túbulos dentinarios. Posteriormente se utilizó un láser de doble longitud de onda de Er,Cr:YSGG y diodo de 940 nm, el cual ha demostrado ser capaz de penetrar profundamente los túbulos dentinarios, eliminar el BD y los microorganismos del SCR (61).

La técnica consiste en colocar la punta del láser solo en la cámara pulpar sin profundizar hasta el conducto radicular, así las ondas de choque fotoacústicas



Figura 23.
Dispositivo
Waterlase™, laser
de baja potencia
para eliminación de
BD.

Tomado de [Internet]:
[ReDentNova - Self-Adjusting File](#)

creadas por el láser generaran agitación del irrigante (43). La terapia fotodinámica se utiliza con un fotosensibilizador sobre un tejido, al cual se le aplica una longitud de onda específica (láser de baja potencia) [Figura 23] , la cual produce transferencias de energía molecular generando la liberación de iones de oxígeno y radicales libres, que al ser altamente reactivos y citotóxicos producen la muerte celular (43).

3.2.6. XP-Endo® Finisher

Es una de las técnicas adicionales para optimizar la irrigación, debido a la rotación de este instrumento, permite llevar la solución a zonas anatómicas complejas, además cuenta con la capacidad de modificar su forma recta a una forma de cuchara [Figura 24] lo que permite el afinamiento de las paredes del conducto radicular. En conjunto con el irrigante es capaz de desprender el BD de todo el SCR gracias a que puede ejercer su efecto hasta la longitud de trabajo, no es afectado por el vapor lock, y ha demostrado buenos resultados en tercio apical (62).

El fabricante, menciona que el XPF se ajusta a la sección transversal del SCR restringiendo la acumulación de desechos en secciones no preparadas con la preservación de la dentina, afirmando que la vibración tiene un efecto sinérgico en el desbridamiento y la eliminación de BD (56).



Figura 24. Modificación estructural de XPF.

Tomado de [Internet]:

http://www.fkg.ch/sites/default/files/201602_fkg_xp_endo_brochure_es_vb_web.pdf

Su uso se recomienda posterior a la conformación del SCR, independientemente del sistema utilizado, aunque Baranwal y cols. recomienda su uso posterior a la preparación con XPS. (36)

Asmaa y cols. han comprobado la capacidad del XPF ante la eliminación de BD y su capacidad para potenciar irrigantes con efecto desmineralizante posterior al uso de XPS, siendo favorable en todo el SCR (56).

3.2.7. Presión apical negativa

El término deriva de la situación en el volumen del irrigante que se encuentra dentro del conducto y que presenta una presión más baja que su entorno. Consiste en aplicar el irrigante en el conducto radicular mediante una aguja muy fina que se conecta a un dispositivo de succión (de la unidad o independiente). Gracias a la presión creada, el exceso de irrigante colocado en el conducto, se desplaza apicalmente y se elimina a través del dispositivo de succión. Este sistema se comercializa con el nombre de EndoVac® (Discus Dental, Culver City, CA) o Endosafe® (Vista Dental, Racine, WI) (43). [Figura 25]

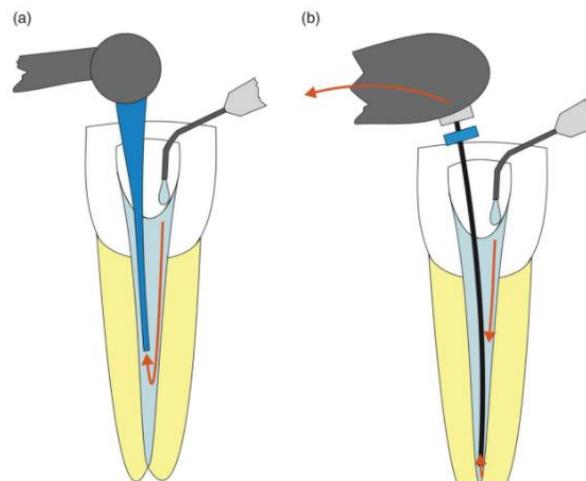


Figura 25. Ejemplificación del uso de Endovac (Presión apical negativa).

Tomado de [Libro]: [Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis, 3rd Edition | Wiley](#)



A pesar de ser un sistema que inicia desde la instrumentación y contar un buen volumen y frecuencia de irrigante, debido a su flujo constante por la acción de hidrólisis, es más deficiente en eliminación de BD en el tercio apical en comparación con la activación sónica o la AMD debido a que no genera contacto con la longitud de trabajo, además que es incapaz de hacer frente al vapor lock, por lo que impide un adecuado intercambio del irrigante (33).

CAPITULO IV. RELACIÓN DEL BARRILLO DENTINARIO/ OBTURACIÓN

4.1. Cementos selladores

Siquiera y cols. demostraron que los cambios patológicos pulpaes y periradiculares albergan una gran cantidad de bacterias, por ello su disminución es indispensable para la reparación del tejido afectado (2).

Como se ha mencionado el BD no solo es capaz de contener bacterias, sino que también las protege dentro de los túbulos dentinarios evitando la entrada de los irrigantes, y su desinfección. Bystro y Sundqvist han demostrado que las bacterias residuales pueden multiplicarse a sus números originales dentro de 2 a 4 días (1).

Drake y cols. mencionan que la eliminación de BD deja expuestos los túbulos dentinarios, permitiendo un aumento en la penetración bacteriana (63). El uso de cementos selladores no solo permite un mejor sellado, también presentan efectos antimicrobianos (1).

La presencia o ausencia de BD puede modificar la adherencia de los cementos selladores. Diferentes autores han determinado la profundidad de penetración de selladores, incluyendo Tubliseal, AH26, Sealapex, Rosin, Roth 811, y CRCS, en los túbulos dentinales, concluyendo que son capaces de penetrar de 10 a 80 μm después de la eliminación de BD caso contrario cuando este estaba presente (64). [Figura 26]

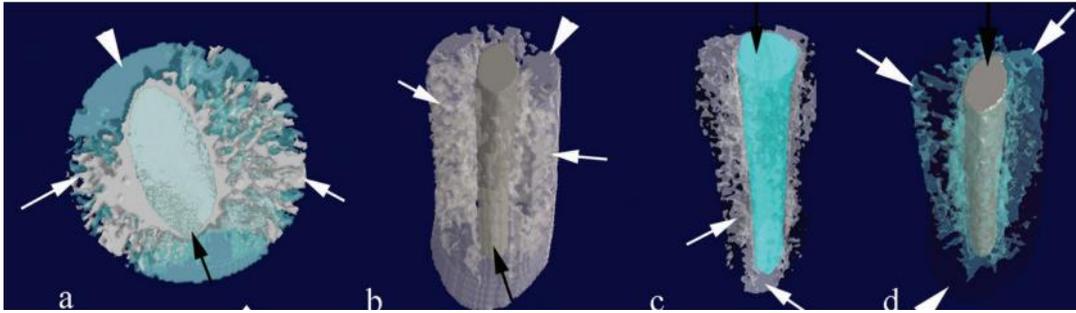


Figura 26. Microtomografía en la que se muestra el cemento sellador penetrando los túbulos dentinarios.

Tomado de [Revista]: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0584>

CAPITULO V. EVALUACIÓN DEL BARRIDO DENTINARIO

5.1. Métodos para evaluar la eliminación de barrido dentinario

Los métodos utilizados deben identificar los factores cualitativo y cuantitativo para la evaluación de BD, y tener un carácter observacional longitudinal, en el que se pueda visualizar un área de dentina determinada en diferentes momentos (9).

Actualmente estos métodos se basan en puntuaciones no confiables e irreproducibles. Esto puede convertirse en un sesgo cuando se tiene en cuenta las áreas no instrumentadas del SCR. Como ya se ha mencionado diferentes autores han demostrado que existen áreas que no son instrumentadas, por lo que es imposible garantizar si se trata de un área libre de BD por la acción quelante o se trata de un área no instrumentada (9).

La mayoría de los estudios sobre la eliminación de BD se realizan utilizando microscopía electrónica de barrido convencional (MEB). Este método permite la visualización de las áreas a evaluar mediante bajo y alto vacío, este último requiere el uso de metales (oro/paladio) para la visualización de las muestras (65).



Los datos computarizados son capaces de extraer automáticamente datos cuantitativos de la morfología de la dentina necesarias para minimizar el sesgo visual humano (9), la evaluación por MEB no es capaz de distinguir escombros de BD. Se requiere una magnificación de por lo menos (2000x) para su visualización, sin embargo, aumentos más altos, pueden modificar la visualización del área seleccionada inicialmente, generando modificaciones en el resultado (56). [Figura 27]

Además, la MEB tradicional no permite la observación de los componentes que contienen agua en la dentina, ya que la cámara de muestras funciona bajo un vacío alto la mayor parte del tiempo (9).

Las áreas libres o cubiertas de BD se basan en la medición subjetiva de la cantidad de túbulos abiertos en un área del conducto determinado.

Las muestras para estudiar el BD cuentan con un análisis que permite la adquisición de imágenes postratamiento en un solo momento del estudio, las cuales se adquieren después de la irrigación final, debido a que las muestras fueron desecadas y metalizadas, no permiten nuevas intervenciones experimentales. Las áreas del SCR no instrumentadas podrían clasificarse erróneamente como áreas de eliminación de BD y asignar valores máximos de limpieza a áreas que anteriormente estaban libres de BD (66), además que se limita a una evaluación de una región en particular del SCR, no evaluando la cantidad total de BD que se produce (59), (60).

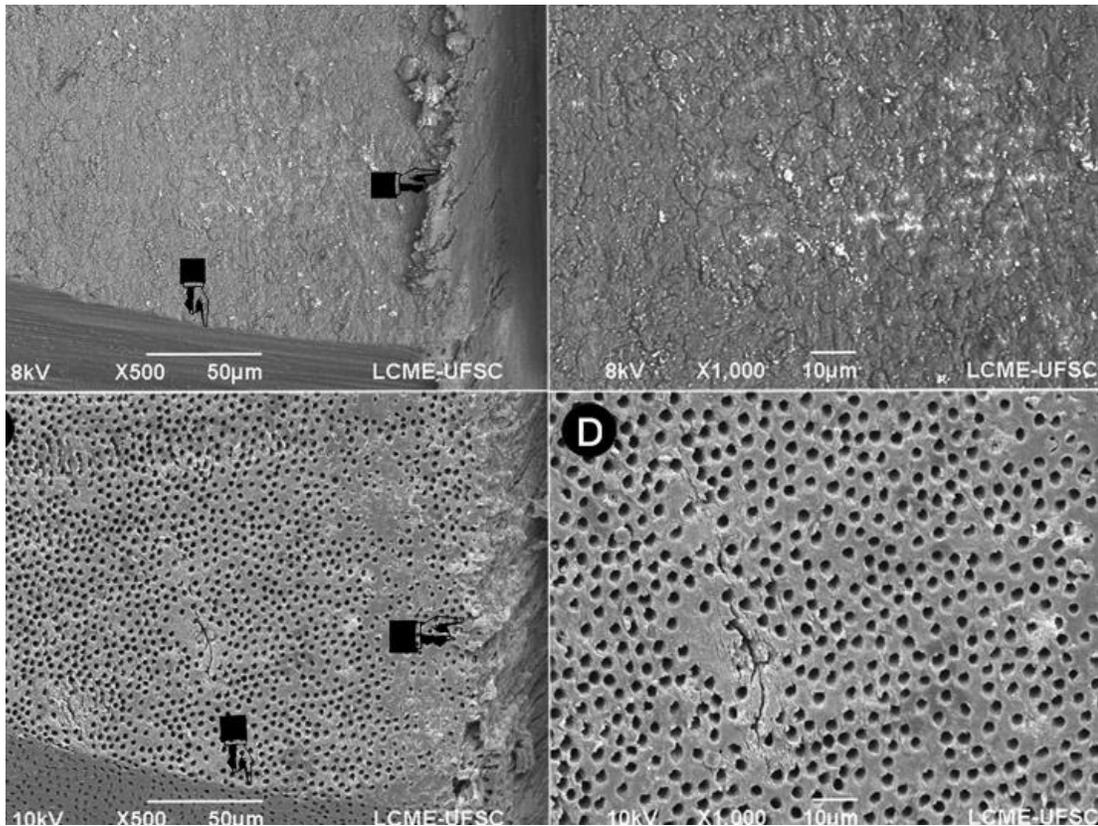


Figura 27. Microscopía electrónica de barrido.

Tomado de [Revista]: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0584>

Además, solo permite una evaluación bidimensional del BD, por lo cual, no se puede evaluar su grosor (56). Rara vez se tiene en cuenta la cantidad de áreas de dentina esclerótica que están presentes a lo largo de toda la longitud del conducto radicular, ocasionando que los menores valores obtenidos por obtención de túbulos dentinarios abiertos sean relacionados por la deficiencia de limpieza o por la mayor producción de BD causando sesgo en los valores (60), (28).

Otro método que se ha utilizado en las últimas décadas para la evaluación del BD, es la microscopia electrónica de barrido ambiental (MEBA) [Figura 28], está no requiere ninguna preparación previa de las muestras como el recubrimiento por pulverización catódica (recubrimiento con oro o paladio) y el secado de punto crítico (desección) (67). Puede realizarse mediante bajo

vacío, minimizando el daño causado en las muestras por la pérdida de agua (4).

Es capaz de proporcionar un análisis longitudinal de la misma muestra de dentina a través del proceso de desmineralización con alta calidad, esta capacidad se puede usar en conveniencia en casos donde se comparen tiempos del uso de cierto irrigante (por ejemplo, quelantes). (9).

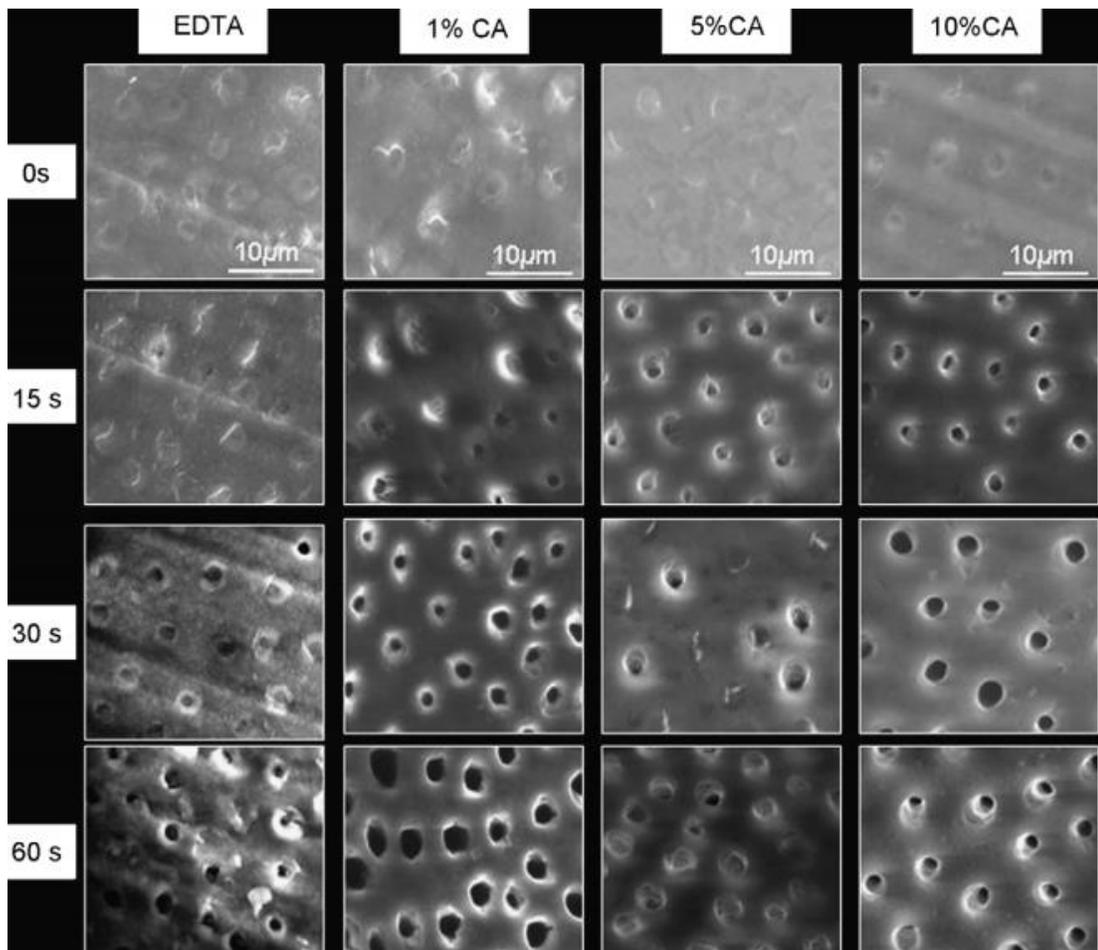


Figura 28. Microscopia electrónica de barrido ambiental.

Tomado de [Revista]: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0584>

De-Deus y cols. mencionan la importancia de incluir un modelo de investigación para la evaluación del BD que proporcione un análisis longitudinal en el que se pueda observar un área de dentina determinada en



diferentes momentos. El modelo debe ser capaz de distinguir el estado actual de la dentina (anterior y posterior a su evaluación), identificar que áreas fueron instrumentadas, así como la cantidad y distribución de BD generado (9).

La metodología para la evaluación del BD ha demostrado ser frágil, se menciona que el uso de MEB no logra ser confiable debido a que las áreas analizadas pueden ser diferentes, esto se explica por el aumento utilizado para su observación. Además, el resultado para la eliminación de BD, se guía a partir cuantos túbulos dentinarios fueron observables, sin embargo, esto puede ser confuso con áreas que no fueron instrumentadas o áreas donde se cree que las sustancias quelantes no tuvieron efecto confundiendo con áreas escleróticas (9).

La evaluación de BD se ha descrito como subjetiva y cualitativa, ya que la selección del área de observación no está naturalizada y depende directamente del operador. (9).

Una alternativa que pudiera evitar los sesgos es el uso de la micro-TC, este es un método de evaluación que es caracterizado por la obtención de imágenes tridimensionales mediante escaneos. En las últimas décadas su uso en odontología se ha dirigido a la evaluación anatómica del SCR, la capacidad de conformación de los instrumentos mecánicos, así como la visualización de áreas instrumentadas y no instrumentadas así como la comparación entre técnicas de obturación (68).

De-Deus y cols. en el año 2015 plantearon la idea de introducir el uso de la micro-TC, para disminuir el sesgo que se presenta durante la evaluación del BD, siendo una gran ventaja por la identificación de áreas instrumentadas (69).
[Figura 29]

Este es un método de imagen no destructivo y altamente preciso que se utiliza para la evaluación no invasiva de microestructuras en 3D. Además de medir

el volumen, la micro-TC facilita análisis cualitativos y cuantitativos de imágenes, puede diferenciar el material de obturación y los residuos producidos mediante la instrumentación basados en la escala de grises de imagen. Como se sabe no existe ningún instrumento capaz de limpiar el SCR en su totalidad y que el BD solo es generado en este momento, aumentando la fiabilidad de los resultados a la hora de seleccionar una zona de las muestras a evaluar (65).

Diferentes autores han mencionado que las imágenes de micro-TC permiten monitorear la acumulación y remoción de estructuras radiopacas en el SCR durante y después de la instrumentación mientras se preserva la integridad de las muestras incluyendo los desechos generados (70), (71). [Figura 30]

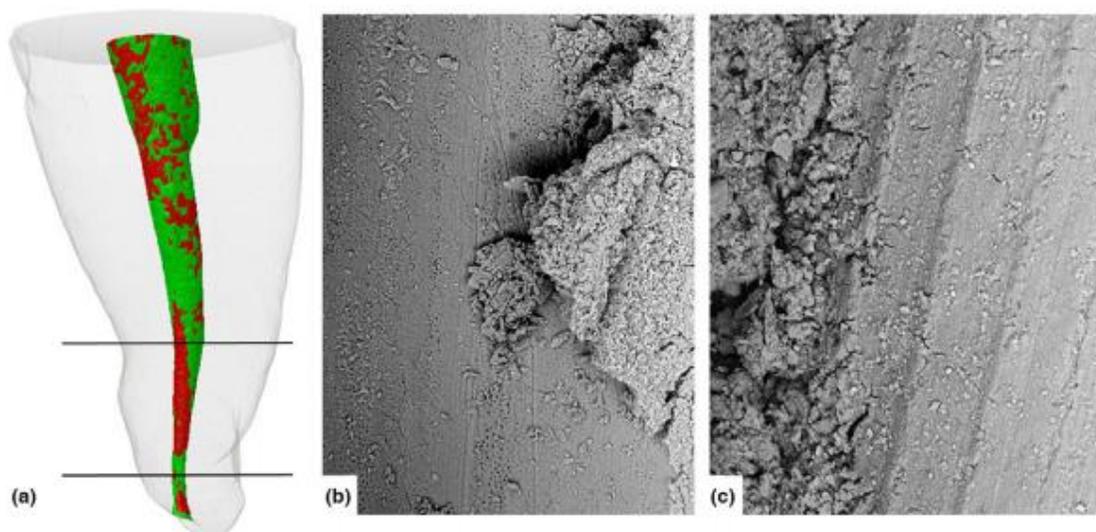


Figura 29. Evaluación previa de áreas tocadas y no tocadas para la posterior evaluación de barrillo dentinario mediante microscopía electrónica de barrido.

Tomado de [Revista]: doi:10.1111/iej.12753

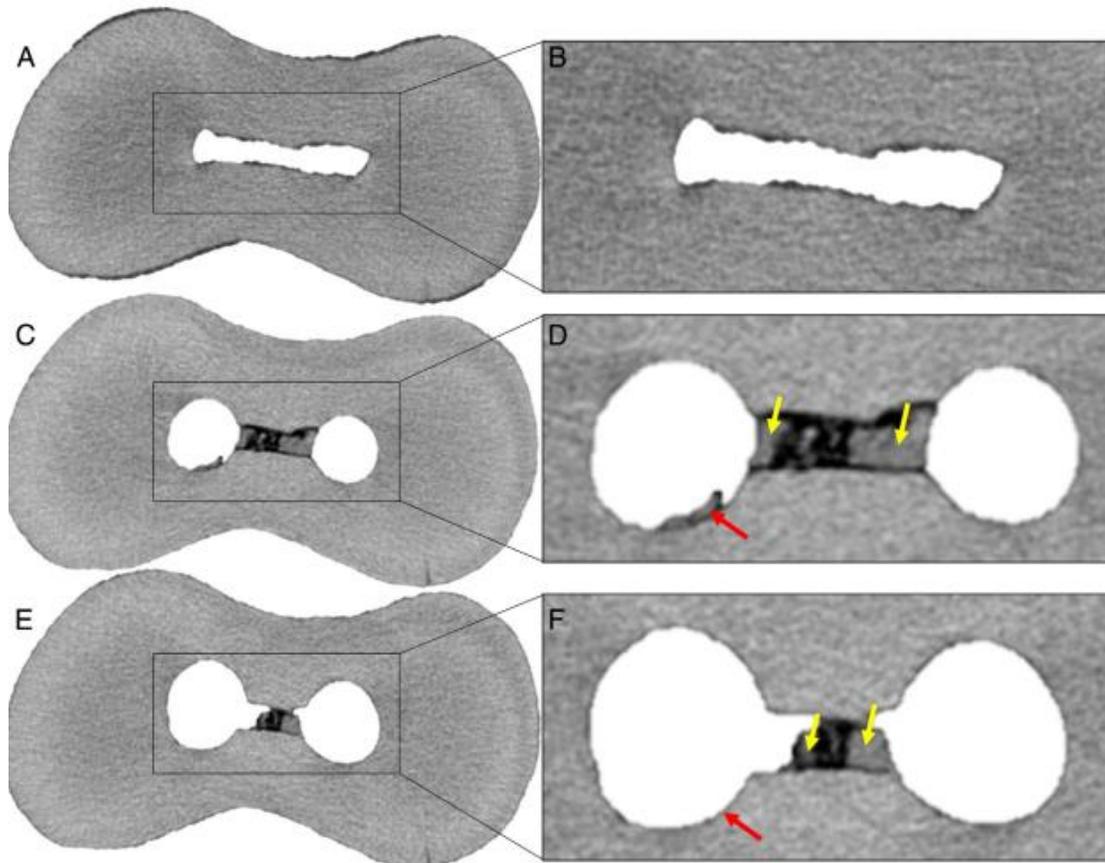


Figura 30. Se puede observar una capa residual generada después de la instrumentación, esta señalada con flechas rojas.

Tomado de [Revista]: https://www.researchgate.net/publication/272191655_Accumulated_Hard_Tissue_Debris_Produced_during_Reciprocating_and_Rotary_Nickel-Titanium_Canal_Preparation?enrichId=rgreq-9706251b-5ebe-4931-acb7-



CAPITULO VI. EFECTO DEL BARRILLO DENTINARIO EN EL PRONÓSTICO ENDODÓNTICO

Los microorganismos son el factor principal relacionado con el desarrollo de patologías pulpares y periradiculares. Hapassalo y cols. mencionan que el diagnóstico pulpar influye en la decisión de eliminar el BD, los dientes con pulpitis irreversible representarían un menor riesgo que los dientes con necrosis pulpar y/o lesiones periradiculares, ya que el porcentaje de bacterias en el BD podría modificar el resultado a largo plazo. Se sabe que el BD puede contener bacterias, subproductos y tejido necrótico, permitiendo que estas puedan sobrevivir y multiplicarse en los túbulos dentinarios y así servir como un reservorio biológico irritante (72).

Safavi y Michelich mencionaron que mantener la capa de BD era favorable ya que al obliterar los túbulos dentinarios se limitaba la penetración de microorganismos y sus productos al reducir la permeabilidad de la dentina.

Sin embargo, se ha estudiado que el BD también interviene en la difusión de los irrigantes disminuyendo la penetración de estos sobre los túbulos dentinarios evitando que haya una desinfección adecuada dentro del SCR permitiendo a las bacterias persistentes interferir en el proceso de reparación (2), (63).

Eliminar el BD también presenta algunos inconvenientes, diferentes autores han descrito los cambios morfológicos generados en las paredes dentinarias debido al uso de sustancias quelantes. La desmineralización producida por estas sustancias no solo actúa en zonas con BD, sino también en las zonas no afectadas, por lo que la apertura de los túbulos dentinarios y la erosión causada es mayor (39).



Diferentes autores han demostrado que el procedimiento de eliminación de BD beneficia el resultado del tratamiento endodóntico en dientes primarios con signos y síntomas clínicos iniciales o en estado de necrosis pulpar (73).

CONCLUSIONES:

El BD es una capa residual generada durante la instrumentación capaz de almacenar bacterias. Los instrumentos manuales y reciprocantes han demostrado una producción menor en comparación con los instrumentos de rotación continua, así como el número de instrumentos incluidos durante la conformación del SCR. Durante los últimos años el uso de diferentes sistemas ha logrado disminuir la cantidad de BD generado, así mismo estos instrumentos han sido utilizados para la eliminación de esta capa, como lo es el XPS en conjunto con el XPF o el uso de SAF, gracias a sus capacidades de expansión.

Es imposible no generar BD durante la instrumentación, es por ello que el uso de sustancias desmineralizantes como lo son los quelantes sean incluidas como parte del protocolo de irrigación.

Las concentraciones y adiciones con mejores resultados en cuanto a la eliminación de BD son con EDTA al 17%, AC al 10% con adición de CHX al 2% y HEBP al 18%, este último sigue siendo muy prometedor ya que no solo ha demostrado no modificar la morfología de la dentina, sino que también no modifica las propiedades del NaOCl.

La anatomía del SCR es muy compleja, en especial el tercio apical, por lo que la recomendación no solo se basa en el uso de un buen instrumento, y quelante, sino que también debe ser utilizada alguna técnica de activación, para aumentar las zonas de contacto con las paredes del conducto.

La activación ultrasónica y PIPS han demostrado grandes resultados, sin embargo, esta última resulta una alternativa muy costosa y agresiva.

La presencia de BD disminuirá el efecto de las soluciones irrigantes así como la obturación comprometiendo el sellado a una futura microfiltración.



Las evaluaciones de BD siguen siendo un desafío, ya que aún no contamos con métodos computarizados que permitan un análisis más exacto, además que estos resultados se basan en estudios *in-vitro*. Actualmente el mejor método para la evaluación de BD sigue siendo MEB. Se espera que en un futuro el uso de micro-CT pueda utilizarse de complemento para disminuir el sesgo durante la evaluación del BD.

El BD es un irritante potencial ya que almacena bacterias, se ha demostrado que la eliminación de este influencia sobre el éxito o fracaso del tratamiento endodóntico a largo plazo, ya que un cúmulo de bacterias es capaz de reproducir la misma cantidad antes generada durante el proceso necrótico.

REFERENCIAS

1. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK, Loma L. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* [Internet]. 2002;94(6):658–66. Disponible en: <http://103.216.156.9/122/2002 B/december/2.pdf>
2. Virdee SS, Seymour DW, 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):605–21.
3. Paul D. Eleazer, D.D.S., M.S., Chair Gerald N. Glickman, D.D.S., M.S., J.D. Scott B. McClanahan, D.D.S., M.S. Terry D. Webb, D.D.S., M.S. Bruce C. Justman, D.D.S. BL, Special. *Glossary of Endodontic Terms 2016* [Internet]. Vol. 10, *Glossary of Endodontic Terms*. 2020. 43 p. Disponible en: <https://www.aae.org/specialty/?wpdmdl=11847%27%3EDownload PDF%3C/a%3E>
4. Prati C, Zamparini F, Spinelli A, Pelliccioni GA, Pirani C, Gandolfi MG. Secondary Root Canal Treatment with Reciproc Blue and K-File: Radiographic and ESEM-EDX Analysis of Dentin and Root Canal Filling Remnants. *J Clin Med*. 2020;9(6):1902.
5. Eick JD, Wilko ROYA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning Electron Microscopy of Cut Tooth Surfaces and Identification of Debris by Use of the Electron Microprobe. *J Dent Res*. 1969;49(6):1359–69, 1970.
6. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J endod*. 1975;1(7):238–42.
7. Brännström M, Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: A scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent*. 1974;31(4):422–30.
8. Aktener BO, Cengiz T, Pişkin 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.
9. De-Deus G, Reis C, Paciornik S. Critical appraisal of published smear layer-removal studies: Methodological issues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* [Internet]. 2011;112(4):531–43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.01.046>



10. Prati C, Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S. Appearance of the root canal walls after preparation with NiTi rotary instruments: a comparative SEM investigation. *Clin Oral Invest*. 2004;8(2):102–10.
11. Monique Dossena Acauana, Amanda Dongaa, Renata Dornelles Morgental, Patricia Maria Poli Kopperb, Simone Bonato Luisib FVV-P. Cleaning efficacy of hand and rotary instrumentation techniques in oval-shaped root canals: scanning electron microscopic study. *Rev Odonto Cienc [Internet]*. 2013;30(4):66–70. Disponible en: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fo>
12. Saraf AA, Patil AC, Mangala TM, Mahaparale R, Mali S, Pawar S. Comparison of cleaning effectiveness of single rotary file OneShape and reciprocating F2 Protaper with Protaper Universal sequence: A SEM analysis. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2020;10(4):337–42.
13. Maya Feghali, BDS, CES, DIUE; Edgard Jabbour, BDS, MSc, DSO ; Edmond Koyess, BDS, CES D and JS. Scanning electron microscopy evaluation of debris and smear layer generated by two instruments used in reciprocating motion WaveOne Gold and Reciproc Blue. *Aust Endod J*. 2019;45(3):388–93.
14. Dagna A, Gastaldo G, Beltrami R, Poggio C. Debris Evaluation after Root Canal Shaping with Rotating and Reciprocating Single-File Systems. *J Funct Biomater [Internet]*. 2016;7(4):20–8. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jfb7040028>
15. Nangia D, Roongta Nawal R, Yadav S, Talwar S. Influence of final apical width on smear layer removal efficacy of Xp endo finisher and endodontic needle: An ex vivo study. *Eur Endod J*. 2020;5(3):18–22.
16. M.M J, T.S A, H.K S. Clinical evaluation of self-adhering flowable composite versus conventional flowable composite in conservative Class I cavities: Randomized controlled trial. *J Conserv Dent*. 2018;21(5):485–90.
17. Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M. The Self-adjusting File (SAF). Part 3: Removal of Debris and Smear Layer-A Scanning Electron Microscope Study. *J.endod*. 2010;36(4):697–702.
18. Jadhav GR, Mittal P, Kulkarni A, Syed S, Bagul R, Elahi S, et al. Comparative evaluation of canal cleaning ability of various rotary endodontic files in apical third: A scanning electron microscopic study. *J Dent Res [Internet]*. 2016;13(6):508–14. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5256014/>
19. Kenneth HH, Louis B. Cohen. *Vías de la pulpa*. 11a ed. Berman KMHLH, editor. Vol. 11, Elsevier. 22nd July 2016; 2016. 905 p.

20. Arslan I, Aydinoglu S, Baygin O, Tuzuner T, Sirin M. Comparative Analysis of Manual, Rotary and Reciprocal Systems on Primary Teeth Root Canals: An In Vitro Scanning Electron Microscopy Study. *Cumhur Dent J*. 2019;22(3):299–309.
21. Rahimi S, Zand V, Shahi S, Shakouie S, Reyhani MF, Mohammadi Khoshro M, et al. A comparative scanning electron microscope investigation of cleanliness of root canals using hand k-flexofiles, rotary race and k3 instruments. *Iran Endod J [Internet]*. 2008;3(4):123–8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24082904><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3782245>
22. Alkahtany SM, Alrumaih SS, Alhassan MA, Alnashmi BA, Al-madi EM. Evaluation of the Shaping Ability of XP Endo Shaper: A Micro-Computed Tomography Study. *J Int Dent Med Res [Internet]*. 2020;13(2):407–11. Disponible en: http://www.jidmr.com/journal/wp-content/uploads/2020/06/2-D19_1017_Sarah_M_Alkahtany_Saudi_Arabia.pdf
23. Chia MSY, Parolia A, Lim BSH, Jayaraman J, Porto ICC de M. Effect of QMix irrigant in removal of smear layer in root canal system: a systematic review of in vitro studies. *Restor Dent Endod [Internet]*. 2020;45(3):1–13. Disponible en: <https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e28>
24. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JFB, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J*. 2017;50(4):398–406.
25. Živković S, Nešković J, Jovanović-Medojević M, Popović-Bajić M, Živković-Sandić M. The efficacy of XP-endo SHAPER (XPS) in cleaning the apical third of the root canal. *Stomatol Glas Srb*. 2019;64(4):171–8.
26. Lacerda MFLS, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Provenzano JC, Neves MAS, Pires FR, et al. Cleaning and Shaping Oval Canals with 3 Instrumentation Systems: A Correlative Micro-computed Tomographic and Histologic Study. *J endod-*. 2017;43(11):1878–84.
27. Rafael CF, Quinelato V, Morsch CS, DeDeus G, Reis CM. Morphological analysis of dentin surface after conditioning with two different methods: Chemical and mechanical. *J Contemp Dent Pr*. 2016;17(1):58–62.
28. Orłowski NB, Schimdt TF, Teixeira C da S, Garcia L da FR, Savaris JM, Tay FR, et al. Smear Layer Removal Using Passive Ultrasonic Irrigation and Different Concentrations of Sodium Hypochlorite. *J endod*

- [Internet]. 2020;46(11):1738–44. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.07.020>
29. Huelsmann M, Holscher C, Wrastil T. Preparation of curved root canals with the Self-Adjusting File vs BioRace rotary NiTi-instruments: a comparative study on extracted teeth. *Endo Endod Pract Today* [Internet]. 2018;12(3):151–62. Disponible en:
http://www.quintpub.com/userhome/endo/endo-ept_12_3_hlsmann_p151.pdf
 30. Hof R, Perevalov V, Eltanani M, Zary R, Metzger Z. The Self-adjusting File (SAF). Part 2 : Mechanical Analysis. *J endod* [Internet]. 2010;36(4):691–6. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.028>
 31. Baxter S, Beck F, Hülsmann M. Root canal preparation using S5, Mtwo, and ProTaper Universal nickel-titanium systems: A comparative ex-vivo study. *Quintessence Int (Berl)*. 2019;50(5):358–68.
 32. Ørstavik D. *Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis*. Third Edit. John Wiley & Sons Ltd, editor. John Wiley & Sons Ltd; 408 p.
 33. Basrani B. *Endodontic Irrigation*. 1a ed. Basrani B, editor. Switzerland: Springer International Publishing; 2015. 316 p.
 34. Appendix - Annexe [Internet]. 2020. Disponible en:
https://www.fkg.ch/sites/default/files/FKG_Catalogue_Appendix_XX_WEB_202010.pdf
 35. Ates AA, Arican B, Isik V. Comparison of SHAPING Ability of XP-Endo Shaper in Simulated J-Shaped Canals with Various Sizes. *J res med dent sci* [Internet]. 2020;8(4):176–81. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Ayfer_Atav_Ates/publication/343675352_Comparison-of-shaping-ability-of-xpendo-shaper-in-simulated-jshaped-canals-with-various-sizes/links/5f37e42e299bf13404c5a53b/Comparison-of-shaping-ability-of-xpendo-shaper-in-simul
 36. Harakh Chand Baranwal, Nidhi Singh AK. XP Endo® File An Update Review. *Indian J Dent Sci*. 2019;12(1):53–5.
 37. Grande NM, Mohamed H, Ahmed A, Cohen S, Bukiet F, Plotino G. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation : A Comprehensive Review — Part I : Historic Perspectives and Current Applications. *J endod* [Internet]. 2015;41(11):1778–83. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.06.014>
 38. Plotino G, Mohamed H, Ahmed A, Endo HDD, Grande NM, Cohen S,

- et al. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation : A Comprehensive Review — Part II : Properties and Effectiveness. *J endod.* 2015;41(12):1939–50.
39. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. *Int Endod J* [Internet]. 2010;43(1):2–15. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2591.2009.01627.x>
 40. Tartari T, Borges MMB, de Araújo LBB, Vivan RR, Bonjardin LR, Duarte MAH. Effects of heat in the properties of NaOCl alone and mixed with etidronate and alkaline tetrasodium EDTA. *Int Endod J* [Internet]. 2020;54(4):616–27. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/iej.13450%0A>
 41. Ballal, V ; Rao, S ; Al-Haj Husain, N ; Özcan M. Evaluation of Smear Layer Removal Using Different Irrigation Methods In Root Canals. *Eur J Prosthodont Restor Dent* [Internet]. 2019;27(3):97–102. Disponible en: https://doi.org/10.1922/EJPRD_01817Husain06
 42. Ruksakiet, K., Hanák, L., Farkas, N., Hegyi, P., Sadaeng, W., Czumbel, L. M. Lohinai Z. Antimicrobial Ef fi cacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection : A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J endod.* 2020;46(8):1032–41.
 43. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Muwaquet-Rodríguez S, Albero-Monteagudo A. Update of the therapeutic planning of irrigation and intracanal medication in root canal treatment. A literature review. *J Clin Exp Dent.* 2019;11(2):185–93.
 44. Renter SPC-, Pe MS. Evaluación con microscopía electrónica de la remoción de barrillo dentinario; utilizando Hipoclorito de sodio, Clorhexidina e Hipoclorito de sodio + EDTA con irrigación ultrasónica Scanning. *Dom Cien.* 2017;3(1):298–317.
 45. Biel P, Mohn D, Attin T, Zehnder M. Interactions between the Tetrasodium Salts of EDTA and 1-Hydroxyethane 1,1-Diphosphonic Acid with Sodium Hypochlorite Irrigants. *J endod* [Internet]. 2017;43(4):657–61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.006>
 46. Carlos Canalda Sahli EBA. *Endodoncia, tecnicas y bases cientificas.* 3ra ed. Elsevier, editor. 2014. 186–190 p.
 47. Wright PP, Cooper C, Kahler B, Walsh LJ. From an assessment of multiple chelators, clodronate has potential for use in continuous chelation. *Int Endod J.* 2020;53(1):122–34.

48. Katherine Medina Arguello. “Visión Actualizada de la Irrigación en Endodoncia : Más Allá del Hipoclorito de Sodio” [Internet]. 2001. Disponible en: https://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_19.htm
49. Ângelo José da Silva Beraldo a, Rogério Vieira Silva a, Alberto Nogueira da Gama Antunes a, Frank Ferreira Silveira a EN a, A. Scanning Electron Scanning Electron Microscopic Evaluation of Smear Layer Removal Using Isolated or Interweaving EDTA with Sodium Hypochlorite Evaluation of Smear Layer. *Int Endod J.* 2017;12(1):55–9.
50. Mohammadi Z, Shalavi S, Yaripour S, Kinoshita JI, Manabe A, Kobayashi M, et al. Smear layer removing ability of root canal irrigation solutions: A review. *J Contemp Dent Pr* [Internet]. 2019;20(3):395–402. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/336900322_Smear_Layer_Removing_Ability_of_Root_Canal_Irrigation_Solutions_A_Review
51. Dewi A. Smear Layer Removal from Root Canal Dentin and Antimicrobial Effect of Citric Acid-modified Chlorhexidine. *Eur Endod J.* 2020;5(3):257–63.
52. Kuruvilla A, Jaganath BM, Krishnegowda SC, Ramachandra PKM, Johns DA, Abraham A. A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent.* 2015;18(3):247–51.
53. Reis C, De-Deus G, Leal F, Azevedo É, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Strong effect on dentin after the use of high concentrations of citric acid: An assessment with co-site optical microscopy and ESEM. *Dent Mater.* 2008;24(12):1608–15.
54. Faruk H. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(3):340–4.
55. Niu LN, Luo XJ, Li GH, Bortoluzzi EA, Mao J, Chen JH, et al. Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. *J Dent* [Internet]. 2014;42(8):1001–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.007>
56. Alakshar A, Rahman A, Saleh M, Omer M. Debris and Smear Layer Removal from Oval Root Canals Comparing XP-Endo Finisher , EndoActivator , and Manual Irrigation : A SEM Evaluation. *Eur Endod J* [Internet]. 2020;14(4):626–33. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1714762> ISSN 1305-7456.

57. Ira Widjastuti a*, Dani Rudyanto b, Tamara Yuanita a, Taufan Bramantoro c WAW d, A. Cleaning Efficacy of Root Canal Irrigation with Positive and Negative Pressure System. *Iran Endod J.* 2018;13(3):398–402.
58. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of Different Final Irrigant Activation Protocols on Smear Layer Removal in Curved Canals. *J endod [Internet].* 2010;36(8):1361–6. Disponible en: [https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(10\)00288-8/fulltext](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(10)00288-8/fulltext)
59. Rius L, Arias A, Aranguren JM, Romero M, de Gregorio C. Analysis of the smear layer generated by different activation systems: an in vitro study. *Clin Oral Invest Perform [Internet].* 2020;25(1):211–218. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03355-9%0A>
60. Haupt F, Meinel M, Gunawardana A, Hülsmann M. Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation. *Aust Endod J.* 2020;46(1):40–6.
61. Nasher R, Hilgers R-D, Gutknecht N. Debris and Smear Layer Removal in Curved Root Canals Using the Dual Wavelength Er,Cr:YSGG/Diode 940 nm Laser and the XP-Endoshaper and Finisher Technique. *Photobiomodul Photomed Laser Surg [Internet].* 2020;38(3):1–7. Disponible en: <https://doi.org/10.1089/photob.2019.4693>
62. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology.* 2017;105(2):178–83.
63. M ME, B. AL. El barrillo dentinario y su importancia en endodoncia [Internet]. RCOE. Disponible en: <https://rcoe.es/articulo/75/el-barrillo-dentinario-y-su-importancia-en-endodoncia->
64. Yan Huang KOBCAIOPTSS. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers : a combined SEM and micro-CT study. *J Appl Oral Sci [Internet].* 2018;26(1):1–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0584%0AEvaluation>
65. Htun PH, Ebihara A, Maki K, Kimura S, Nishijo M, Okiji T. Cleaning and Shaping Ability of Gentlefile, HyFlex EDM, and ProTaper Next Instruments: A Combined Micro-computed Tomographic and Scanning Electron Microscopic Study. *J endod [Internet].* 2020;46(7):973–9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.027>
66. 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.

67. Kanaan CG, Pelegrine RA, Eduardo C, Shimabuko DM. Can Irrigant Agitation Lead to the Formation of a Smear Layer ? *J endod* [Internet]. 2020;46(8):1120–4. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.05.007>
68. Marciano M, Duarte M, Ordinola-Zapata R, Carpio-Perochena A, Cavenago B, Villas-Bôas M, et al. Applications of Micro-Computed Tomography in Endodontic Research. *Curr Microsc Contrib to Adv Sci Technol.* 2012;(April 2015):782–8.
69. Siqueira JF, Alejandro PR, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Silva-Sousa YT, Pires FR, et al. What happens to unprepared root canal walls : a correlative analysis using micro-computed tomography and histology / scanning electron microscopy. *Int Endod J* [Internet]. 2017;51(501–508):1–8. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/iej.12753>
70. De-deus G, Neves AA, De-deus G, Marins J, Jo E, Gonc F, et al. Accumulated Hard Tissue Debris Produced during Reciprocating and Rotary Nickel- Titanium Canal Preparation. *J Endod* [Internet]. 2015;41(5):676–81. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272191655_Accumulated_Hard_Tissue_Debris_Produced_during_Reciprocating_and_Rotary_Nickel-Titanium_Canal_Preparation
71. Stringheta CP, Bueno CES, Kato AS, L.G. F, E. IF, Dos Santos MRM, et al. Micro-computed tomographic evaluation of the shaping ability of four instrumentation systems in curved root canals. *Int Endod J* [Internet]. 2019;52(6):908–16. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/iej.13084>
72. Rödiger T, Koberg C, Baxter S, Konietschke F, Wiegand A, Rizk M. Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. *Int Endod J.* 2019;52(8):1173–81.
73. Pintor AVB, Dos Santos MRM, Ferreira DM, Barcelos R, Primo LG, Maia LC. Does smear layer removal influence root canal therapy outcome? A systematic review. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2016;40(1):1–6.