

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Estudio experimental comparativo in vitro de la eliminación del
barrillo dentinario en el tercio apical entre Qmix y EDTA 17% con
activación ultrasónica pasiva**

Carolina Alejandra Gudiño Domínguez

Johana Cristina MonarColoma MSc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Especialista
en Endodoncia

Quito, Mayo 2013

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Postgrados**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

*Estudio experimental comparativo in vitro de la eliminación del barrillo dentinario
en el tercio apical entre Qmix y EDTA 17% con activación ultrasónica pasiva*

Carolina Gudiño Domínguez

**Dra. Johana Monar Coloma, Especialista en Endodoncia
Directora de Tesis**



**Dr. Nicolás Castrillón, Especialista en Endodoncia
Coordinador del Postgrado de Endodoncia y
Miembro del Comité de tesis**



**Dra. Silvana Terán, Especialista en Endodoncia
Miembro del Comité de Tesis**



**Dra. Andrea Ponce, Especialista en Endodoncia
Miembro del Comité de Tesis**



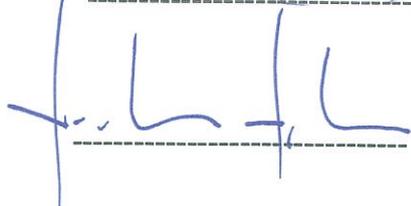
**Dr. Mauricio Tinajero, Especialista en Periodoncia
Director de Postgrados de Odontología**



**Fernando Sandoval. M.S.C
Decano de la Escuela de Odontología**



**Víctor Viteri Breedy, Ph.D
Decano del Colegio de Postgrados**



Quito, Abril 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:



Nombre: Carolina Godino Domínguez

C.I.: 171353959-9

Fecha: Mayo/2013.

DEDICATORIA

*A la persona que es mi pilar e ilusión para vivir
te dedico este gran esfuerzo que he realizado,
y que será para el bienestar de nuestro futuro juntos.*

AGRADECIMIENTOS

*Especialmente a mi hermana y amiga Viviana,
porque siempre encuentras la manera de poder ayudarme e incorporarte a mis proyectos
Te agradezco infinitamente por darme tu tiempo, dedicación y paciencia.*

*Agradezco también a toda mi familia,
profesores y amigos que estuvieron a mi lado
durante mi formación personal y profesional.*

RESUMEN

La presente investigación se evalúa la capacidad de remoción de barrillo dentinario de dos sustancias quelantes EDTA al 17% (EUFAR)) y Q-Mix (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa,OK, USA), activados con irrigación ultrasónica pasiva durante 1 minuto (PUI).

La muestra fue de 22 premolares unirradiculares extraídos. Se instrumentaron los conductos con la técnica rotatoria Protaper e irrigados en cada cambio de lima con hipoclorito de sodio 5,25%. Para la irrigación final se dividieron 2 grupos: A (Q-Mix) y B (EDTA 17%) ambos con PUI durante 1 minuto. Se hemiseccionaron las raíces dentales longitudinalmente, y una mitad fue llevada a observación bajo microscopio electrónico de barrido.

Para obtener los resultados veinte y dos fotografías tomadas en el microscopio electrónico de barrido de los cuatro grupos experimentales, fueron evaluadas cuantitativamente dos veces en orden aleatorio por dos observadores con un intervalo de siete días sin tener conocimiento de los resultados anteriores. Los resultados indican que la proporción de túbulos dentinarios abiertos fue de 82,7% para Q-Mix y 50,8% para el EDTA 17%. Actualmente el nuevo irrigante Q-Mix proporciona desinfección y eliminación de barrillo dentinario en una sola irrigación final, teniendo resultados exitosos.

ABSTRACT

The ability of Smear layer removal of two chelators agents EDTA 17% (EUFAR) and Q-Mix (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa,OK, USA), activated passive ultrasonic irrigation for 1 minute were evaluated.

The samples were 22 premolars extracted single-rooted. Canals were instrumented with ProTaper rotatory technique and irrigated at each change of file with 5.25% sodium hypochlorite. The samples were split at 2 groups: A (Q-Mix) B (EDTA 17%) both with PUI for 1 minute. Dental roots were hemisected longitudinally, and a half was taken to observation under scanning microscope.

Results for twenty-two photographs taken in the scanning electron microscope of the four experimental groups were evaluated twice in random order by two observers with an interval of seven days without knowledge of previous result. The results indicate that the proportion of open dentinal tubules was 82.7% for Q-Mix and 50.8% for the 17% EDTA. Currently the new irrigant Q-Mix provides disinfection and removal of smear layer in one final irrigation, having successful results.

TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción.....	16
Justificación.....	20
Objetivo general	22
Objetivos específicos	22
Hipótesis.....	23
Revisión literaria.....	24
Endodoncia actual	24
Factores de éxito y fracaso en el tratamiento de endodoncia	26
Irrigación del sistema de conductos radiculares.....	27
Requisitos de las soluciones de irrigación.....	28
Soluciones de irrigación de conductos radiculares.....	30
Hipoclorito de sodio.....	31
Mecanismo de acción del hipoclorito de sodio.....	32
Concentración del hipoclorito de sodio para el uso en endodoncia.....	33

Incremento de la eficacia del hipoclorito de sodio.....	35
Agentes quelantes en endodoncia	37
Propiedades de los agentes quelantes.....	38
Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).....	39
Mecanismo desmineralización dentinaria del EDTA.....	40
Cambios en la dureza de la dentina.....	43
Cambios en la permeabilidad de la dentina.....	44
Efectos de la concentración, ph y tiempo en la eficacia del EDTA.....	45
Efecto antibacteriano del EDTA.....	47
Adhesión de detergentes al EDTA.....	-48
Edtac.....	48
Rc-prep.....	49
Gly oxide.....	50
EGTA.....	51
REDTA.....	52
EDTA-T.....	52
Smear Clear Sybron Endo	52
Q-Mix.....	54
Componentes del q-mix.....	55
Bromuro de cetiltrimetilamonio.....	55
Clorhexidina 2%.....	56
Investigaciones in-vitro con q-mix.....	58
Sustancias Irrigantes Contemporaneas.....	60

MTAD(mixture of tetracycline isomer, acid and detergent).....	60
MTAN (mixture of tetracycline isomer, acid and nisin).....	63
Tetraclean.....	65
Importancia de usar EDTA en el protocolo final de irrigación.....	67
Interacción entre edta y naocl en el protocolo final de irrigación.....	69
Irrigación ultrasónica pasiva	72
Materiales y Métodos	79
Diseño del estudio.....	79
Muestra.....	79
Criterios de inclusión.....	80
Criterios de exclusión.....	80
Materiales.....	81
Metodología.....	82
Preparación de la muestra-.....	82
División de los grupos.....	85
Evaluación en el microscopio electrónico de barrido.....	87
Análisis de los resultados.....	92
Resultados.....	95
Discusión.....	100
Conclusiones.....	106
Recomendaciones.....	107
Bibliografía	109

LISTA DE FIGURAS

Fotografía N°1: Muestra seleccionada para el estudio.

Fotografía N°2: Materiales utilizados para la investigación

Fotografía N°3: Limpieza de los dientes con cavitron (*NSK*) antes de empezar el estudio.

Fotografía N°4: Corte transversal de las coronas a nivel de la unión amelocementaria utilizando el motor de baja velocidad (*NSK*) y disco de carburo.

Fotografía N°5: Permeabilización de los conductos radiculares con lima K # 10 (*Maillefer, Dentsply*). y conductometría.

Fotografía N°6: Instrumentación con sistema rotatorio Protaper universal (*Maillefer, Dentsply*). Según la técnica recomendada por el fabricante (Sx, S1,S2,F1,F2,F3).

Fotografía N°7: Irrigación con NaOCl al 5,25% con jeringa de 1 ml (*NIPRO*) y aguja con salida lateral (*Monojet, Ultradent*) a 1 mm menos de la longitud de trabajo.

Fotografía N°8: Succión de conductos con puntas de succión capilari (*Ultradent*) antes de la irrigación de los agentes quelantes.

Fotografía N°9: Dientes divididos por grupos: A (Q-mix Dentsply Tulsa Dental, Tulsa,OK, USA)

Fotografía N°10: Dientes divididos por grupos: B (EDTA 17% Eufar)

Fotografía N°11: Activación ultrasónica pasiva de los dientes del grupo A y B con puntas ultrasónicas #20 (Irri- Safe; Acteon, Merignac, France) durante 1 mm a menos 1 mm de la longitud de trabajo.

Fotografía N°12: Motor de baja velocidad (SR Freedom) y disco con filo de diamante (Masterdent) que se utilizó para cortar los dientes

Fotografía N°13: Muesca Longitudinal en vestibular y palatino/lingual de los dientes.

Fotografía N°14: Corte longitudinal de las muestras dentales desde unión amelocementaria hasta apice radicular.

Fotografía N°15: Medición de los 5 mm apicales con una sonda periodontal UNC 15 (*Hu.Friedy*)

Fotografía N°16: Almacenamiento de las muestras para ser transportadas al (INSPI)

Fotografía N°17: Preceso de deshidratación de las muestras con concentraciones deshendientes de alcohol 70%, 80%, 90% y 100%.

Fotografía N°18: Preceso de secado de las muestras en estufa a 50 °C (*Elconap*).

Fotografía N°19: Montaje en la platina de cobre con cinta adhesiva de carbon.

Fotografía N°20: Evaporador al vacio (*Jeol jfc-120, fine coater*)

Fotografía N°21: Revestimiento del especimen con oro en el evaporador al vacio.

Fotografía N°22: Revestimiento del especimen con oro en el evaporador al vacio.

Fotografía N°23: Revestimiento de las muestras con oro.

Fotografía N°24: Microscopio electronico de barrido, (*Jeol JSM-5310*)

Fotografía N°25: Montaje de las muestras en el MEB

Fotografía N°26: Imágenes al MEB con aumento de 15X y 2000X.

Fotografía N°27: Imágenes al MEB con aumento de 2000X, el evaluador debe contar el numero de tubulos dentinarios que observa abiertos.

Tabla N° 1: División de los grupos experimentales

Tabla N° 2: Cantidad de túbulos dentinarios abiertos de los cuatro grupo experimentales contados por el evaluador X y Y.

Tabla N° 3: Promedio de la cantidad de túbulos dentinarios abiertos de los cuatro grupos experimentales.

Tabla N° 4: Descripción estadística de los irrigantes, Ac. Cítrico, Q-Mix, EDTA 17%.

Tabla N° 5: Subconjuntos Homogéneos (Tukey) para calcular la significancia estadística entre Ac. cítrico 10%, Q-Mix, y EDTA 17%.

Tabla N° 6: Comparaciones Múltiples entre Q-Mix, EDTA 17% para calcular la su significancia estadística.

Gráfico N° 1: Grafico de cajas.

Gráfico N° 2: Barras estadísticas que demuestran porcentualmente la eficacia de Q-Mix y EDTA 17%

LISTA DE ANEXOS

Anexo # 1: Radiografía apical digital de los 22 dientes seleccionados para el estudio.

Anexo # 2: Conductimetría de los 22 dientes seleccionados para el estudio.

Anexo # 3: Fotografías obtenidas mediante microscopia electrónica de barrido con aumento 2000 X del grupo A y B.

Anexo # 4: Aprobación del protocolo de investigación del Comité de Bioética de la Universidad San Francisco de Quito.

1. INTRODUCCIÓN

Un siglo atrás los grandes investigadores, como el Dr. Hermann Prinz argumentaban que: *“El motivo de la práctica de la odontología clínica es instaurar medidas preventivas, aliviar el sufrimiento y curar la enfermedad. Estas metas no se alcanzan aplicando de un modo fortuito un puñado de fórmulas terapéuticas o ciertos procedimientos mecánicos, sino que se fundamentan en el conocimiento profundo de la patología clínica”* (1).

Actualmente en la práctica odontológica de última generación se mantiene el mismo criterio de prevención de enfermedades, eliminación del dolor y, sobre todo brindar calidad de vida, a través del desarrollo y adelanto científico de la odontología y la nuevas técnicas de procedimientos avanzados que además de función ofrecen estética y confort a los pacientes.

La endodoncia, es la especialidad que cumple con el objetivo de estudiar la morfología, biología, fisiología y patología de la pulpa dental y tejidos perirradiculares. Integrando metódicamente procedimientos clínicos que se ocupan de la etiopatogenia pulpar, el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de la lesiones pulpares y tejidos periapicales. (5)

El propósito del tratamiento de endodoncia es la desinfección y conformación del sistema de conductos radiculares, con el fin de obturar su porción radicular y coronal dejando una cavidad totalmente hermética que impida la recolonización bacteriana. (16) Para cumplir con estos objetivos se realizan procedimientos biomecánicos con ayuda de los instrumentos endodónticos, los cuales debido a su diseño se encargan

de dar la conformación cónica, alisar las paredes dentinales, remover el tejido pulpar residual, detritus de dentina junto con microorganismos. (3)

Sin embargo, debido a la complejidad del sistema de conductos radiculares se generan dificultades para lograr su total debridamiento mecánicamente. Por esta razón es imprescindible utilizar auxiliares como las soluciones irrigantes que actúan principalmente como lubricantes y antimicrobianos que favorezcan la eliminación de la dentina contaminada y la permeabilidad del canal en toda su longitud. (4,6)

Hasta la actualidad a pesar de los intentos de mejorar las características de los irrigantes con la adición de nuevos antimicrobianos, surfactantes, modificaciones en el pH y temperatura (46) no se ha logrado crear un irrigante que por sí solo cumpla con todas las propiedades para ser ideal como: ser bactericida y/o bacteriostático, no lesionar tejidos periapicales, ser poco citotóxicos, solvente de tejidos o residuos orgánicos e inorgánicos, baja tensión superficial, lubricante, de fácil aplicación, acción rápida y sostenida. (2, 3, 4,5)

Por lo que para realizar el debridamiento tanto de tejido orgánico como inorgánico de los conductos radiculares hoy en día se está utilizando hipoclorito de sodio 5,25% como irrigante principal y ácido etildiaminotetracético en porcentajes del 10% al 18%.

La importancia de remover el barrillo dentinario, que se ha creado por las maniobras de instrumentación manuales o rotatorias, radica en que las bacterias residuales logran sobrevivir y se multiplican dificultando la penetración y difusión de las sustancias irrigantes y/o medicación intraconducto, promoviendo la microfiltración, porque conforma una fase porosa entre la dentina y los cementos selladores y/o los

materiales de obturación, provocando el fracaso del tratamiento endodóntico. (6, 15, 16,21)

Ya que el éxito del tratamiento endodóntico depende de una adecuada preparación del espacio del conducto radicular y los factores relacionados con este éxito son la reducción en el número de microorganismos y la obturación de todo el sistema de conductos radiculares. Por este motivo actualmente existe un amplio consenso a favor de la eliminación de la capa de barrillo dentinario para acondicionar las paredes dentinarias y lograr una mejor desinfección. (2, 3, 6, 10, 11, 12, 13, 14,15)

Sin embargo, la acción efectiva de los irrigantes se logra asegurando que el líquido entre en contacto directo con todas las paredes del canal, particularmente en la más porción apical que es la de menos acceso para los irrigantes. (4)

A lo largo de la historia de la endodoncia, se han hecho varios esfuerzos para desarrollar sistemas más eficaces para transportar y agitar las soluciones irrigantes dentro del sistema de conductos. Estos sistemas se pueden dividir en dos amplias categorías: técnicas de agitación manuales (aguja y jeringa convencional) y mecánicas. (4)

Durante la última década la técnica con procedimientos mecánicos incluye números dispositivos desde la utilización de cepillos rotatorios, irrigación simultánea a la instrumentación rotatoria, dispositivos de presión negativa apical, sistemas sónicos con puntas plásticas y lo más avanzado hasta la actualidad y al alcance de todos son los dispositivos ultrasónicos con limas de conformación lisa.(19)

El término irrigación ultrasónica pasiva (PUI), por su siglas en inglés, fue utilizado por primera vez por Weller et al. en 1980 para describir irrigación sin instrumentación simultánea.(4) Esta tecnología no cortante reduce el potencial de la creación de formas aberrantes en el sistema de conductos radiculares.

Durante PUI, la energía se transmite por medio de una lima lisa las ondas ultrasónicas. Esta microcorriente que se crea con la irrigación ultrasónica pasiva provoca una mayor velocidad y volumen de flujo del irrigante dentro del canal permitiendo que entren en contacto con todo el sistema de conductos mejorando el intercambio de las sustancias dentro del canal. Además la PUI permite el calentamiento del irrigante favoreciendo una mayor eliminación de tejido orgánico y, la capa de barrillo dentinario en menor tiempo sobre todo en el tercio apical de los conductos produciendo menos taponamiento apical y, un mejor acceso de los productos químicos en los conductos accesorios.(4,17)

Por lo que queda claro que con los nuevos advenimientos de la tecnología se puede realizar un tratamiento endodóntico de con resultados exitosos.

2. JUSTIFICACIÓN

El objetivo del tratamiento de endodoncia es la eliminación del tejido vital o necrótico, microorganismos, subproductos metabólicos y de la limalla de barrillo dentinario que se crea durante la preparación de los canales radiculares. (18)

Debido a la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares se dificulta la completa desinfección de todas las áreas del sistema de conductos, ya que existen zonas inasequibles para los instrumentos y de difícil alcance para los irrigantes como son los istmos, canales accesorios, anastomosis y otras irregularidades en donde se aloja restos de tejido orgánico e inorgánico. (18)

Sjogren et al mostró que, el éxito endodóntico está relacionado directamente con la ausencia de cultivos bacterianos antes de la obturación del conducto radicular.(24) A pesar de todos los esfuerzos para lograr un sistema de conductos radiculares libre de bacterias, hasta la fecha, es evidente que las bacterias puede sobrevivir en áreas que no son accesibles a la limpieza actual.(18) Se han realizado un sin número de investigaciones enfocadas a métodos para mejorar la limpieza y desinfección de los canales radiculares.

En la actualidad está al alcance de todos una posible solución al problema del debridamiento y desinfección del sistema de conductos radiculares el uso del ultrasonido en el protocolo de irrigación final, es decir, una vez que los conductos estén totalmente instrumentados. Se ha demostrado que al utilizar activación

ultrasónica pasiva durante 1 minuto con NaOCl y EDTA respectivamente, aumenta significativamente la desinfección del conducto radicular un 73- 96%. Ya que se logra remover mayor cantidad de tejido orgánico e inorgánico por el aumento del contacto del irrigante con las paredes dentinarias (17,19).

Sin embargo, recientemente se han realizado observaciones del efecto del hipoclorito de sodio en la dentina (debilitamiento y erosión) lo que sugiere precaución con respecto al uso de hipoclorito como el enjuague final después del EDTA. (22)

Con el objetivo de disminuir el debilitamiento de la dentina al utilizar NaOCl después del EDTA y evitar la formación del precipitado marrón (Paracloranilina) entre la Clorhexidina y el NaOCl. La marca comercial Dentsply Tulsa Dental, Tulsa,OK, USA, ha introducido al mercado una nueva sustancia llamada Q-Mix compuesto por solución salina, EDTA, CHX, un tensioactivo y un nuevo detergente poliaminocarboxílico por lo que esta sustancia asegura actuar como antimicrobiano y agente quelante en una sola irrigación final teniendo resultados de hasta el 99,99%.(22)

Pero existe poca información disponible sobre la capacidad del Q-Mix en la eliminación de desechos orgánicos y de barrillo dentinario. Por lo que es necesario realizar investigaciones que permitan comprobar las afirmaciones de su fabricante y poder confirmar la eficacia y seguridad en el uso del Q-Mix como sus creadores aseguran. (22, 23)

3 OBJETIVO GENERAL

Evaluar in vitro la efectividad de remoción de la capa de barrillo dentinario del Q-Mix a nivel del tercio apical de los conductos radiculares utilizando activación ultrasónica pasiva durante 1 minuto. Y comparar con la capacidad de remoción de barrillo dentinario del EDTA al 17% a nivel del tercio apical de los conductos radiculares utilizando activación ultrasónica pasiva durante 1 minuto.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar a través del análisis con microscópico electrónico de barrido la capacidad de remoción del barrillo dentinario del Q-Mix en el tercio apical utilizando activación ultrasónica pasiva por 1 minuto.
- Cuantificar a través del análisis con microscópico electrónico de barrido la capacidad de remoción del barrillo dentinario del EDTA 17% en el tercio apical utilizando activación ultrasónica pasiva por 1 minuto
- Determinar cuál de los dos irrigantes es más eficaz removiendo el barrillo dentinario a nivel del tercio apical utilizando activación ultrasónica pasiva por 1 minuto.

4 HIPÓTESIS

Bajo la observación del microscopio electrónico de barrido la sustancia irrigadora Q-mix demostrará ser mejor que el EDTA al 17% en la eliminación del barrillo dentinario en el tercio apical utilizando activación ultrasónica pasiva por 1 minuto.

5. REVISIÓN DE LA LITERATURA

5.1 ENDODONCIA ACTUAL

Debido al impacto de nuevas investigaciones en los últimos años la Endodoncia es considerada como una de las especialidades con mayor importancia dentro de la odontología. Dando como resultado un mejor conocimiento en esta área tanto en los principios biológicos como en los procedimientos mecánicos de la terapia endodóntica. (26)

La práctica en endodoncia desde que empezó empíricamente en el siglo I, cuando Arquígenes describe por primera vez la extirpación de la pulpa de un diente para que este permaneciera en boca, y eliminar el dolor. Se ha ido perfeccionando, llegando a desarrollar los más altos estándares de conocimientos (26). Además con la ayuda del adelanto científico y tecnológico en la rama de la endodoncia los tratamientos de canales radiculares bien orientados, seleccionados y conservando los principios biológicos se logra alcanzar un éxito del 95-97%. como afirman Lazarski et al. y Salehrabi and Rotstein en sus estudios de cohorte realizados en la población de Estados Unidos.(27)

El especialista en endodoncia debe conocer que el tratamiento está condicionado a las características que muestra el órgano dentario. Especialmente por la condición en que se encuentre la pulpa dental y tejidos periapicales. Por esto la importancia de realizar un correcto diagnóstico y, en base a esto establecer un adecuado

tratamiento de acuerdo con las características clínicas y radiográficas que se evidencian.

Hoy en día el endodoncista cuenta con un gran número de técnicas y materiales para realizar los procedimientos de diagnóstico, conformación, limpieza y, sellado de conductos radiculares. Por lo que es un dilema escoger lo mejor. Por esta reflexión no se debe utilizar técnicas o maniobras estandarizadas. Por lo contrario se debe emplear todas las herramientas que estén a nuestra disponibilidad y realizar tratamientos con mayor eficiencia y eficacia. (26)

Sin embargo, se debe realizar una selección consciente de la técnica y materiales adecuados según las condiciones anatómicas y biológicas de cada paciente. De esta manera se evita el uso indiscriminado e empírico del instrumental y de igual forma de las soluciones irrigantes, medicamentos y materiales de obturación. (26)

Es importante que el especialista prevalezca el juicio clínico y ética profesional dirigida a canalizar todos los esfuerzos en lograr mantener un éxito del tratamiento sustentable en el tiempo a corto, mediano y largo plazo.

5.2 FACTORES DE ÉXITO Y FRACASO EN EL TRATAMIENTO DE ENDODONCIA

Por varias décadas se ha postulado que el éxito en el tratamiento de conductos se basa en una triada de factores que están relacionados entre sí. Que incluyen acceso, preparación y obturación radicular. (28) Sin embargo, actualmente se propone que el pronóstico del tratamiento depende de una combinación de factores que van desde el diagnóstico y selección de casos, conocimiento y conciencia de la anatomía, desbridamiento completo de tejido orgánico, preparación y obturación radicular, y, sellado hermético coronal. (28).

Debido a que la presencia de microorganismos es la causa principal de las enfermedades pulpares y periapicales. Todos los procedimientos en el tratamiento de endodoncia deben estar direccionados a reducir o eliminar significativamente los irritantes y prevenir la recontaminación, para crear y mantener la desinfección del sistema de conductos radiculares. (29)

La compleja anatomía del sistema de conductos radiculares, la presencia de numerosos túbulos dentinarios en las raíces, los cuales son invadidos por microorganismos, la presencia de dentina contaminada junto con la formación de barrillo dentinario durante las maniobras de instrumentación son factores importantes a considerar durante la limpieza y modelado de los conductos. (29)

Investigadores han demostrado que las bacterias logran llegar y sobrevivir dentro de los túbulos dentinarios de dientes infectados aproximadamente la mitad de la distancia entre las paredes del conducto radicular y la unión cemento-dentina. (29)

Por lo tanto para limpiar y desinfectar eficazmente el sistema de conductos, se debe hacer uso de auxiliares químicos que presenten como función principal promover el vaciado y la limpieza de las regiones donde el acceso del instrumento no es posible. (30)

Los irrigantes por sus propiedades antimicrobianas y por el efecto mecánico generado por el flujo de ida y vuelta, y actualmente con las técnicas de agitación mecánica a altas velocidades, son capaces de llegar a las complejidades anatómicas y penetrar dentro de los túbulos dentinarios siendo capaz de remover tejido orgánico e inorgánico. (29)

Por lo que resulta importante destacar que la selección del irrigante adecuado, la cantidad, la técnica y, el protocolo de uso, son factores que influyen en el éxito del tratamiento endodóntico. (29)

5.3 IRRIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS RADICULARES

La irrigación a pesar de que antiguamente se decía que es un auxiliar durante las maniobras de limpieza y conformación de conductos radiculares. Hoy en día se conoce que la irrigación tiene un papel dominante en cada una de las diferentes etapas de la preparación del canal radicular ya que simultáneamente cumple con varias funciones. (34)

En la fase de localización y negociación del conducto radicular, cumple con la función de neutralizar y arrastrar el contenido tóxico que se encuentra en la cámara pulpar y tercio coronal de esta manera evitamos transportarlos al tercio apical. Además de

que proporciona lubricación para que los instrumentos de pequeños calibres logren llegar a la longitud deseada. (34)

Durante la fase de ampliación o conformación de conductos en donde existe la formación de barrillo dentinario con residuos de pulpa vital o necrótica y, de ser el caso bacterias y sus subproductos. La función principal de la irrigación es el arrastre y eliminación del “lodo de dentina” que de no ser retirado puede obstruir el tercio apical del conducto y ser empujado por la acción de los instrumentos hacia el periápice. (34)

La irrigación final cumple mayor importancia. Ya que es esta fase cuando el irrigante gana acceso a gran parte del sistema de conductos radiculares. Incluido las paredes de los conductos accesorios que no han podido ser instrumentadas. También es esta etapa cuando se puede utilizar diferentes sustancias irrigantes para sinergizar sus efectos químicos. (33, 34)

5.4 REQUISITOS DE LAS SOLUCIONES DE IRRIGACIÓN

A pesar de los intentos que se han realizado por crear un irrigante único considerado ideal. Hasta la actualidad no existe una solución irrigadora que por si sola cumpla con este propósito. Por esta razón, es necesario que se comprenda el objetivo de cada fase de la terapia endodóntica, para seleccionar la sustancia química más apropiada a utilizar. (30)

Las sustancias químicas que se utilizan dentro del conducto deben ser de baja toxicidad, biocompatible e inocuo para los tejidos orales y periapicales, que estimule

la reparación, solvente de tejidos orgánicos e inorgánicos, de acción rápida y sostenida, soluble en agua, incoloro, inodoro, insaboro, de aplicación simple, no corrosivo. También deben cumplir con ciertas propiedades físicas, químicas y biológicas importantes. (30,31,32,33,34)

Alto poder de humectación: Es la capacidad de humedecer determinada sustancia. Para que ejerza todo su potencial, es necesario que consiga dispersarse por toda la superficie. (30)

Baja tensión superficial: Fuerza inherente a todos los líquidos, que mantienen sus moléculas unidas. La baja tensión superficial, por lo tanto facilita la penetración y contacto del irrigante dentro de las irregularidades del conducto.(30)

Tensoactividad: Capacidad de una sustancia química para bajar la tensión superficial del sistema en el que es aplicado. En el interior de la cavidad pulpar existen componentes acuosos y lipídicos que requieren ser homogeneizados, por lo que la utilización de un agente tensoactivo es fundamental. A mayor tensoactividad, mayor será el poder de homogeneización.(30,34)

Potencial bactericida: En el interior de la cavidad pulpar existe un microambiente invadido de microorganismos. Por esto, de preferencia, la sustancia irrigadora debe ser bactericida y no bacteriostática, con el fin de promover la muerte de la mayor parte de las bacterias y no solo su inactivación. (34,30)

Acción lubricante: toda acción del instrumento endodóntico sobre la pared del conducto genera fricción lo que disminuye la eficacia de corte y aumenta la

probabilidad de fractura del instrumento en el interior del conducto. Por lo que es importante utilizar una solución lubricante durante las maniobras de instrumentación. (30,34)

Efervescencia: El efecto de efervescencia produce la liberación de gases en un medio acuoso manteniendo en suspensión los detritos removidos por la instrumentación del conducto, impidiendo que se deposite en las porciones más apicales. (30)

5.5 SOLUCIONES DE IRRIGACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES

Debido al arsenal de productos comerciales destinados a la irrigación de los conductos. Para la selección adecuada de la sustancia irrigante, es fundamental que se conozcan cuáles son los requisitos básicos que debe poseer. Y los efectos en cada una de las condiciones clínicas que pueda presentar en el diente en tratamiento (30,3).

En la práctica de la endodoncia contemporánea con el respaldo de múltiples investigaciones se ha llegado al consenso de que los irrigantes que cumplen con la mayoría de los requisitos son Hipoclorito de sodio en concentraciones de 2,5 % hasta 6% en combinación con Ácidoetilaminotetracético (EDTA) del 17 al 19%. De esta manera se logra sinergizar las propiedades de ambos irrigantes.(4,36, 40,41,42,44)

5.6 HIPOCLORITO DE SODIO

El hipoclorito de sodio (NaOCl) como irrigante, fue utilizado por primera vez en concentraciones del 0,5% para la limpieza de heridas en los soldados durante la primera guerra mundial en 1945. Taylor y Austin fueron quienes con estudios in-vitro e in-vivo, describieron por primera vez la actividad disolvente en tejidos no vitales. En 1936 Walker, encontró que la solución de hipoclorito de sodio al 3% y de cloruro sódico son un buen disolvente de sustancias orgánicas y, fue el primero en recomendar su uso como agente irrigante dentro de los canales radiculares.(37)

Grossman y Meiman en 1941, demostraron in vitro la actividad disolvente del hipoclorito de sodio sobre la pulpa en dientes recién extraídos. El mismo año, Grossman recomienda realizar la irrigación de conductos durante la terapia endodóntica. Por ultimo en 1954, Lewis sugirió que se utilizara un blanqueador comercial (Clorox) o hipoclorito de sodio en concentraciones de 5.25% para el uso como irrigante endodóntico. (37)

Actualmente, es el irrigante de mayor uso en la endodoncia debido a que es el que más se acerca a ser el irrigante ideal.(42,43) Por sus principales propiedades de disolver los restos de tejido pulpar vital o necrótico rápidamente, excelente actividad antimicrobiana contra bacterias, hongos, esporas y virus, actúa neutralizando los componentes y productos antigénicos presentes en el biofilm radicular debido a su alcalinidad pH de 11,5-11,7 que favorece a neutralizar la acidez del medio dejando el ambiente impropio para el desarrollo bacteriano.(4,39)

Además el hipoclorito de sodio tiene baja tensión superficial ayudando a cumplir la función de arrastre mecánico de restos de tejido orgánico, y durante las maniobras de instrumentación favorece a la lubricación del conducto. Es un irrigante de fácil disponibilidad, barato y de vida útil razonable. (39)

5.6.1 MECANISMO DE ACCIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO

El mecanismo de acción del hipoclorito de sodio ocurre cuando entra en contacto con la materia orgánica y provoca una serie de reacciones químicas. Cuando el hipoclorito entra en contacto con las proteínas del tejido se forma dentro de un periodo corto de tiempo nitrógeno, formaldehído, acetaldehído provocando el rompimiento de los enlaces peptídicos y provocando la disolución de las proteínas. (46). Y por la hipertonidad del hipoclorito de sodio por osmosis se extrae agua del interior de la célula lo que da lugar a la desnaturalización proteica (38,46).

Durante esta serie de reacciones químicas se da lugar al proceso de saponificación, que es cuando el hipoclorito de sodio actúa como solvente de materia orgánica y de grasa, transformándolos en sales ácidas grasas (jabón) y glicerol (alcohol). Lo que reduce la tensión superficial en la solución remanente. (38,42)

La reacción de neutralización de aminoácidos y degradación de ácidos grasos, ocurre con la salida de iones hidróxilo disminuye el pH de la solución. Con esto se neutraliza la acidez del medio evitando la colonización bacteriana. (38,42)

Reacción de Cloraminación, es cuando el cloro en contacto con el grupo amina forma cloraminas. Las cloraminas interfieren en el metabolismo celular. El cloro es un

oxidante fuerte que presenta acción antimicrobiana a través de la inhibición irreversible de enzimas bacterianas esenciales. (38,42)

El mecanismo de acción del hipoclorito de sodio también se ve influenciado por su pH. Estrela et al. estudiaron el efecto biológico del pH sobre la actividad enzimática de las bacterias anaerobias. El pH elevado influenciado por la liberación de iones hidroxilo, altera la integridad de la membrana citoplasmática, produciendo una inhibición enzimática irreversible, alteraciones biosintéticas en el metabolismo celular y la degradación de fosfolípidos o ácidos grasos insaturados de la membrana citoplasmática.(45)

5.6.2 CONCENTRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO PARA EL USO EN ENDODONCIA

Ha existido mucha controversia acerca de la concentración del hipoclorito de sodio que se debe utilizar durante la irrigación de conductos en la terapia endodóntica.

Ya que el NaOCl es altamente tóxico para los tejidos vitales en altas concentraciones. Y por lo contrario, en concentraciones muy bajas no cumple con el efecto antimicrobiano y de disolución de tejidos en un tiempo adecuado. Lo ideal sería escoger la concentración del hipoclorito de sodio mínima eficaz. (46)

En un estudio realizado por Siquira et al. no encontraron diferencias significativas del efecto antibacteriano cuando comparó hipoclorito de sodio en concentraciones de 1%, 2,5%, 5,25%. Por lo que sugirió que realizar una irrigación abundante con

intercambio regular de NaOCl puede mantener una reserva de cloro que es suficiente para eliminar células bacterianas, dado que el efecto proteolítico del NaOCl es dependiente de la cantidad de cloro disponible el cual se renueva en cada irrigación. Por lo que una concentración inferior de NaOCl puede tener el mismo efecto que las concentraciones elevadas. (47)

Sin embargo, el conflicto que actualmente existe debido al surgimiento de nuevas técnicas de preparación de conductos radiculares, con las cuales se procura disminuir el tiempo de trabajo. Es que los especialistas, según Matthias Zehnder, en la revisión bibliográfica que realizó, la mayoría de profesionales en América utilizan “toda la fuerza” del hipoclorito de sodio al 5,25%(40). De igual manera en encuestas realizadas en enero 2012, sobre las tendencias de riego en miembros de la Asociación Americana de Endodoncia, se concluyó que el 91% de profesionales utiliza el hipoclorito de sodio al 5,25%.(41)

Por lo que es importante considerar el factor tiempo. Hasta la actualidad no existe un acuerdo general con respecto a la concentración óptima y el tiempo de irrigación necesario para eliminar bacterias del sistema de conductos. Sin embargo existe gran variedad de estudios que han logrado determinar, que para ocasionar disturbio en el biofilm radicular se necesita que el NaOCl 5,25% entre en contacto con las superficies mínimo 25 minutos. (51) Y para eliminar la mayor cantidad de bacterias incluyendo E. Faecalis, Bonnie Retamozo, concluyó que es necesario mínimo 40 minutos de irrigación con NaOCl al 5,25% (51)

Actualmente se conoce que la capacidad antibacteriana y el poder de disolución de tejido orgánico que tiene el hipoclorito de sodio está en directa relación con su concentración, volumen, temperatura, tiempo de aplicación y el contacto con la superficie expuesta.(40,41,42,43). Por esta razón actualmente se han implementado técnicas de irrigación que favorezcan la eficacia del hipoclorito de sodio.

5.6.3 INCREMENTO DE LA EFICACIA DEL HIPOCLORITO DE SODIO

Debido a las complejidades morfológicas de los conductos radiculares que tienden a impedir la llegada de los irrigantes a todo el sistema de conductos se han realizado varios esfuerzos por incrementar la eficacia de los irrigantes y las técnicas de irrigar.

Anteriormente se pensaba que el ácido hipocloroso era más bactericida y con menor efecto citóxico que el hipoclorito. Por lo que se creyó que disminuyendo el pH de la solución de hipoclorito se mejora su eficacia y se disminuye su efecto tóxico. Sin embargo la neutralización del hipoclorito con bicarbonato hace que se vuelva una solución inestable y más tóxica. (40,48)

Hoy en día estudios indican que el aumento de la temperatura mediante la agitación sónica o ultrasónica de las soluciones de irrigación aumenta la capacidad de desbridamiento del NaOCl. Sin afectar la estabilidad de la solución, permitiendo utilizar concentraciones más bajas de hipoclorito de sodio y menor tiempo de trabajo. (49,50).

Gianluca Gambarini demostró que calentar NaOCl. a 50 ° C no tiene ningún efecto adverso sobre la estabilidad química de la solución.(50) Sonja Stojicic reportó que el hipoclorito de sodio fue estable durante 4 horas cuando es calentado. Sirtes et al. encontraron que el hipoclorito de sodio en concentraciones de 1%, 2,62% y 5,25% tenían una cantidad de cloro disponible sin cambios químicos durante 1 hora a 45 °C y 60 °C.(42)

También existen reportes de que la capacidad del NaOCl al 1% a 45 ° C para disolver pulpas dentales es igual a la de una solución 5,25% en 20 ° C en cortos periodos de tiempo, y con toxicidad sistémica menor en comparación con las soluciones de mayor concentración a una temperatura inferior.(40). Abou-Rass y Oglesby encontraron que el efecto más fuerte se obtuvo en tejidos frescos con NaOCl al 5,25% con temperatura 60 ° C. (40)

Berutti y Marini comparó la capacidad de desbridamiento del 5,25% NaOCl a 21 ° C y a 50 ° C. Concluyeron que el NaOCl a 50 ° C da lugar a la formación de una delgada capa de barrillo formada por finas partículas adheridas. Kamburis et al. también han demostrado que el calentamiento del hipoclorito de sodio mejora la capacidad para disolver el material orgánico y mejorar la eliminación de virutas de dentina.(42)

Por lo que estar a la vanguardia de las técnicas y protocolos de irrigación permite tener mejor desinfección del sistema de conductos radiculares utilizando el menor tiempo posible durante la realización del tratamiento endodóntico. (42)

5.7 AGENTES QUELANTES EN ENDODONCIA

Los agentes quelantes fueron introducidos para su uso en endodoncia por Nygaard Ostby (1957) como una ayuda para la preparación de conductos estrechos o calcificados, debido a la capacidad de debrindamiento del componente calcificado y mineralizado de las paredes dentinales y eliminación del barrillo dentinario. (6)

El término quelar proviene del vocablo griego “chele”, que significa *garra*, para unirse y/o “atrapar” iones metálicos. (53) Los quelantes son compuestos que tienen la capacidad de excavar y fijarse con firmeza a iones metálicos del complejo molecular al cual se encuentran entrelazados fijándolos por unión coordinada. Esta reacción se debe a las numerosas ligaduras químicas que las moléculas de un agente quelante consiguen establecer con un mismo ion del metal, como un mecanismo para secuestrarlo del medio al que están adheridos. (Grossman et al.1988, Zeeck et al. 1992).

Por lo tanto la quelación es un fenómeno fisicoquímico por el cual ciertos iones metálicos son secuestrados de los complejos de los que participan, en este caso se hace referencia a los cristales de hidroxiapatita que se encuentran adheridos a las paredes dentinarias para producir un grupo quelato metálico, el cual reacciona con las terminaciones del agente quelante y remueve los iones de calcio de la dentina. (6, 52,53)

De este modo cambian las características de solubilidad y permeabilidad de la dentina, reblandeciéndose especialmente la dentina peritubular que es rica en

hidroxiapatita es así que el diámetro de los túbulos dentinarios expuestos aumenta. (52,53)

No todos los quelantes fijan cualquier ion metálico, hay una cierta especificidad para determinados iones. Se ha demostrado que una solución quelante ácido etildiaminoteracético (EDTA) secuestra de modo definitivo los iones metálicos Pb^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Sn^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} , Bi^{2+} y Fe^{2+} . Este proceso se repite hasta que se agota la acción quelante. (6, 52,53)

5.7.1 PROPIEDADES DE LOS AGENTES QUELANTES

Una sustancia quelante debe cumplir con ciertas propiedades para garantizar el mecanismo de acción o efecto quelante en la paredes dentinales del conducto radicular. (52)

- Ser solvente de tejido y detritos.
- Ser lubricante.
- Acción rápida.
- Baja tensión superficial.
- Baja toxicidad.
- No ser corrosivo.
- Inodoro, insaboro e incoloro.
- Fácil manipulación.
- Tiempo de vida útil adecuado.
- Dosificación simple.

Además para que un agente quelante proporcione su total funcionamiento se recomienda usar en seco para que no pierdan su efecto, y actualmente a comprobado que al agitar la solución la disociación iónica ocurrirá en un menor tiempo. (90)

El efecto de los agentes quelantes ha sido evaluado mediante una variedad de métodos tales como microscopia electrónica, medidas de microdureza y microradiográficamente, para evaluar la eficiencia de estos agentes en la remoción del barrillo dentinario, la desmineralización y ablandamiento de la dentina radicular.

5.8 **ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)**

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), es una sal disódica dihidratada. Su fórmula condensada es $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$. Como solución irrigante es una sustancia fluida que presenta un pH de 7.3 en concentraciones de 10 al 18%, su composición original propuesta por Ostby es (6):

- Sal disódica de EDTA (17 g)
- Solución 5 M de hidróxido de sodio (9.25 ml).
- Agua destilada (100 ml) (60)

El EDTA es el compuesto base de todos los agentes quelantes que existen hasta el día de hoy para su uso en endodoncia, debido a que es un quelante específico para el ion calcio y por consiguiente para la dentina (1) siendo muy útil en la preparación biomecánica de conductos estrechos y calcificados además de que actúa como

coadyuvante en la desinfección durante la fase de irrigación final, ya que elimina la capara residual o barrillo dentinario, logrando acondicionar las paredes dentinarias (53).

5.8.1 MECANISMO DESMINERALIZACIÓN DENTINARIA DEL EDTA

El efecto quelante se debe a las uniones que se forman entre los iones de calcio y las moléculas del EDTA. El quelante atrapa los iones metálicos de calcio en forma de quelatos, provenientes de los cristales de hidroxiapatita en la dentina y luego comienza a desmineralizar la misma. (6)

La desmineralización provocada por el EDTA sobre el tejido duro se basa en el principio químico del producto constante de solubilidad. Ello significa que cuando un elemento de baja solubilidad como la dentina es colocada en un medio líquido, una mínima cantidad de calcio y fosfato del tejido se disuelven hasta lograr equilibrio en una solución saturada, resultando una solución molar concentrada de iones a una constante de temperatura. Esta constante es lo que se denomina producto constante de solubilidad dentinaria. Si posteriormente se agrega EDTA los iones de calcio serán atrapados desde la solución y mayor cantidad de dentina será disuelta hasta alcanzar un equilibrio. (55)

Cuando todos los iones de calcio disponibles han sido “quelados”, durante la desmineralización del tejido dental se establece un equilibrio entre la solución de sal saturada y el precipitado de calcio; porque los iones del precipitado se diluyen constantemente y al mismo tiempo, los iones de la solución se precipitan como

sólidos. Por lo tanto la solución no se difunde permanentemente dentro de la dentina y su efecto es autolimitante. (6)

Seidberg y Schilder (1974) demostraron que la autolimitación del EDTA se debe a los cambios del pH durante la desmineralización dentinaria. El EDTA es una solución con pH neutro, que mientras ocurre el intercambio entre calcio de la dentina y el hidrogeno del EDTA el valor del pH va decreciendo. Si el pH aumenta, la concentración de iones hidroxilos aumenta resultando en una disminución en la disociación de la cantidad de iones de calcio en solución. Por lo contrario, cuando el pH disminuye los protones predominantes en la solución neutralizarán los iones hidroxilos y el equilibrio será alterado resultando en un incremento de iones calcio en solución. (6)

Químicamente dos reacciones se llevan a cabo: la formación de complejos (ecuación 1) y la protonización (ecuación 2).



Fuente: Tomado de Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. Review. Int Endod J 2003; 36:810-30

El ácido se acumula, pero la protonización prevalece, por lo que va decreciendo el grado desmineralización. El EDTA tiene cuatro grupos carboxilo, y la disociación toma lugar en cuatro pasos, cada uno con su propia constante de disociación, lo que significa que la disolución por parte del EDTA se da en diferentes rangos de pH. (6)
Calvo et al. en una investigación acerca del efecto sobre los cambios de pH del

EDTA en el proceso de desmineralización, concluyeron que la solución de EDTA dentro del sistema de conductos va cambiando su pH durante la desmineralización, a medida que el pH disminuye la tasa de desmineralización igualmente decrece y va limitando la cantidad de dentina disuelta, estos cambios pueden alterar las propiedades físicas de las soluciones irrigadoras, alterando la capacidad de penetración(.6)

Se cree que el efecto autolimitante del quelante se debe a los cambios de pH durante la desmineralización jugando un papel importante en tres formas: (54)

- La capacidad de quelación aumenta a medida que la acidez del EDTA disminuye.
- La solubilidad de la hidroxiapatita aumenta a medida que el pH disminuye.
- Al aumentar el pH se incrementa la penetración del EDTA hasta espacios reducidos.
- También se ha sugerido que la acción desmineralizante del EDTA sobre la dentina expone la matriz orgánica, lo que se convierte en un factor limitante de su mecanismo de acción.

La limitación en el efecto quelante del EDTA está además relacionada con el hecho de que cada molécula de éste puede quelar únicamente un ión calcio, de manera que cuando todas sus moléculas están ligadas, la reacción se detiene. (6)

Estudios recientes han mostrado que la solución neutra de EDTA reduce no sólo el contenido mineral sino también las proteínas no colágenas y fosfoproteínas

dentinarias, provocando ablandamiento de la superficie dentinaria, pero sin erosionarla. A nivel apical el contenido de las proteínas no colágenas disminuye, lo que podría explicar en parte el menor grado de descalcificación en esta parte del diente. (55)

5.8.1.1 CAMBIOS EN LA DUREZA DE LA DENTINA

La acción quelante del EDTA genera cambios en la relación de los componentes orgánico e inorgánico disminuyendo el componente mineral de la dentina, alterando la relación calcio-fosforo lo que genera cambios físicos y químicos que inducen una reducción de la microdureza de la dentina.(52) En 1982 Pawlicka, reportó que la acción de los agentes quelantes puede reducir la dureza de la dentina en aproximadamente 20 Vickers.(6)

Se conoce que la dureza de la dentina radicular no tratada varía entre 40 -75 Kg mm^{-2} Vickers. Y se ha visto que aumenta desde el lumen del canal radicular hacia la unión cemento dentina. Por lo que en el tercio apical tiene valores menores de dureza en relación al tercio medio y coronal. Por el contrario, la dureza de las paredes dentinarias en el canal radicular es constante desde el tercio cervical hasta apical con valores de 94.68 Kg mm^{-2} Vickers. (6)

En base a estos conocimientos se pudo observar que la mayor reducción de dureza de la dentina ocurre en la dentina adyacente al lumen del canal radicular. (6)

Por otra parte Cruz-Filho et al. 2001, encontró que la reducción en la dureza de la dentina tiene lugar en las zonas anchas del canal radicular como es en el tercio cervical, y no en zonas de menor calibre como es la zona apical. Y concluyó que esto se debe a que en zonas de estrecho calibre no es posible que llegue suficiente volumen del irrigante, y además la efectividad de los agentes quelantes también se ve influenciada por las características estructurales de la dentina en los tercios coronal, medio y apical radicular. (6)

También se debe tener en cuenta que el diámetro de los túbulos dentinarios disminuye aproximadamente 1-2 μm en la unión de la pulpa y la dentina y a 0.4 μm en la unión cemento dentina. Que el número de túbulos dentinarios por milímetro cuadrado también es mayor mientras más cerca estemos de pulpa (58000 mm^{-2}), en comparación a la zona lejana a la pulpa (10000 mm^{-2}). La densidad de la dentina disminuye hacia el ápice, y por ende su permeabilidad también. Y que la mineralización de la dentina no es uniforme, así la dentina a nivel apical es más mineralizada y esclerosada. Por lo tanto la reducción de la dureza de la dentina en este tercio será menor en comparación con otras zonas del canal radicular. (6)

5.8.1.2 CAMBIOS EN LA PERMEABILIDAD DE LA DENTINA

La permeabilidad dentinaria es directamente proporcional al área del lumen tubular y en proporción inversa al grosor de las paredes de dentina del canal radicular.(6) Después de la preparación biomecánica, el grosor de las paredes del canal reducen mientras que el área del lumen aumenta. Sin embargo si no se elimina la capa de

barrillo dentinario que se forma por las maniobras de instrumentación la permeabilidad de la dentina se verá disminuida ya que actúa como una barrera porosa que taponan la entrada de los túbulos dentinarios. Por lo que utilizar los agentes quelantes para eliminar el barrillo dentinario y así aumentar la permeabilidad de la dentina, facilitara la actividad de otros irrigantes y medicamentos intraconducto. (6,56)

5.8.2 EFECTOS DE LA CONCENTRACIÓN, PH Y TIEMPO EN LA EFICACIA DEL EDTA

Varios estudios han evaluado diferentes mezclas, concentraciones, Ph y, tiempo de trabajo para evaluar la eficacia de un agente quelante. Se ha demostrado que el factor más importante en la desmineralización y remoción del barrillo dentinario es la concentración y el pH del agente quelante. (56)

El EDTA como agente irrigante en endodoncia se ha utilizado en diferentes concentraciones 10%, 15%, 17% y 18%, con diferentes pH entre 7.3-7.7-9.0 y, tiempos de aplicación que van de 1 a 15 minutos y se ha visto que en tiempos más largos ya no surge efecto. (57)

El pH del EDTA juega un rol importante en sus propiedades de limpieza, y que la desmineralización del tejido duro es más efectiva a un pH neutro que uno ácido o alcalino. Con valores de pH muy alcalinos, el exceso de iones hidroxilo dificulta la disociación iónica de la hidroxiapatita, limitando la disponibilidad de iones Ca^{2+} , en

tanto que a pH bajo o neutro, la unión con el calcio tenderá a incrementar la disociación de la hidroxiapatita, facilitando la quelación. (56)

La eficacia de desmineralización del EDTA en la superficie dentinaria se mide por la cantidad de fosforo liberado. Varios estudios han demostrado que el efecto desmineralizante del EDTA depende de su concentración y del tiempo de aplicación, se hay visto que la concentración al 17% con un pH de 7.5 durante 15 minutos surge un buen efecto quelante. (57,59)

En un estudio se analizó los cambios en la superficie dentinaria durante la desmineralización con EDTA, empleando para el efecto microscopía de fuerza atómica, que permite obtener imágenes en tiempo real durante la acción del quelante sobre la dentina, con una topografía tridimensional de ésta. Al analizar la acción del EDTA al 17% con pH 7,7 durante 10 minutos, se observó que hay una saturación de su efecto alrededor de los 3 minutos, lo que confirmaría la naturaleza autolimitante de éste quelante. Una posible explicación para la gran cantidad de túbulos dentinales abiertos por mm² que se consigue a los 3 minutos, puede ser el hecho de que después de transcurrido este tiempo, se da una saturación de la solución dentro de los túbulos, lo que resulta en la precipitación de los componentes orgánicos, que a su vez obliteran los túbulos dentinales abiertos y limitan la acción del EDTA. (6)

También el efecto del EDTA sobre la dentina radicular fue estudiado por Caleró et al. con espectrofotometría de absorción atómica, concluyendo que la más alta velocidad de reacción quelante y penetración del EDTA se observa en el primer minuto, el mayor poder de descalcificación es en los primeros tres minutos, el mayor grado de

saturación es a las 12 horas y la velocidad de reacción del EDTA con la dentina disminuyó durante el tiempo de observación del estudio. (58)

Por lo que se recomienda aplicar el EDTA al 17% con pH 7,3-7,7 en un período de tiempo no mayor a 3 minutos, tiempo suficiente para eliminar eficazmente el barrillo dentinario, mientras que aplicando tiempos más largos como 10 minutos causa erosión peritubular e intertubular.(6,57)

5.8.3 EFECTO ANTIBACTERIANO DEL EDTA

Ostby refiere que el EDTA no es un agente bactericida, ni bacteriostático, pero se ha demostrado que tiene un leve efecto antibacterial y se debe a través de la quelación de cationes desde el exterior de la membrana de las bacterias, provocando lisis por inanición.(6,66) El EDTA desestabiliza a la células bacterianas causando transporte de lipopolisacaridos, por lo que tienen mayor afinidad con las bacterias Gram-negativas.(65) Otro mecanismo es que los iones metálicos necesarios para el crecimiento bacteriano son quelados y por lo tanto inaccesibles a los microorganismos.(66)

El efecto antibacterial del EDTA depende de la concentración y del pH. Y de igual manera es un efecto limitado ya que se mantiene mientras los quelantes no hayan formado uniones con los iones metálicos (6).

Sin embargo no se considera un agente bactericida, su importancia radica en la capacidad de remover el barrillo dentinario, en el cual están contenidas productos tóxicos, además debe dejar abiertos la entrada de los túbulos dentinarios de tal manera que el NaOCl pueda actuar en profundidad en los canales accesorios y túbulos dentinarios disminuyendo la tensión superficial y aumentando la permeabilidad dentinaria para mejor ingreso de las soluciones irrigantes.(65)

5.8.4 ADHESIÓN DE DETERGENTES AL EDTA

Al EDTA se le han incorporado sustancias detergentes con la finalidad de disminuir aún más su tensión superficial y con ello potenciar su efecto antibacteriano como agente irrigante. Sobre todo con el objetivo de la solución logre llegar hasta el tercio apical. Entre los más usados y estudiados se encuentran. (6,60)

5.8.4.1 EDTAC

Compuesto a base de EDTA al 17% más bromuro de acetiltrimetil amonio (Cetavión), EDTAC que es un compuesto de amonio cuaternario, que sin disminuir la acción quelante del EDTA, le proporciona propiedades antibacterianas y facilita la humectación de las paredes radiculares, a este compuesto.(61)

El EDTAC no es lesivo al tejido pulpar vital, ni al instrumental. El EDTAC es autolimitante y puede ser colocado entre citas, este agente se torna inactivo al final de su reacción, liberando oxígeno y cloraminas libres. Posee un pH inicial de 4, hasta llevarlo a un pH de 7,4 mediante la adición de hidróxido de sodio (NaOH). (61)

Su fórmula es la siguiente:

- Ácido etilendiamino tetraaético (143gr)
- Brumuro de cetiltrimetilamonio (0,84gr)
- Agua destilada (1000cc)
- NaOH (q.s.)

La cetramida reduce la tensión superficial y disminuye la viscosidad, además optimiza el escurrimiento de la solución quelante logrando un mejor transporte de la misma hacia los planos profundos del sistema de conductos. Tiene las siguientes ventajas elimina la capa de desecho superficial y los residuos dentinarios producidos y compactados durante la instrumentación, reducción de la tensión superficial optimizando el escurrimiento del irritante a través de los conductos por lo que da lugar a un contacto continuo con las paredes dentinarias del conducto. (59)

5.8.4.2 RC-prep

Este tipo de quelante fue introducido por Stewart en 1969. Es un quelante de consistencia jabonosa, está compuesto por 15% de EDTA que le otorga la propiedad quelante, 10% de peróxido de urea y una base homogenizada de carbowax soluble en agua que le da la característica cremosa, produce radicales hidroxilo que oxidan grupos sulfhidrilo, dobles enlaces en proteínas, lípidos y causa muerte celular, junto con el EDTA actúa como efervescente para hacer flotar y de este modo eliminar los detritos dentinales del conducto radicular. La base es glycol o carbowax, lubricante que protege al EDTA de la oxidación producida por el peróxido de urea para

prolongar la vida útil del quelante para que dure por lo menos un año. (61) RC-Prep tiene un efecto antibacterial limitado y es más efectivo con Gram negativos y Gram positivos aerobios, y este efecto se lo acredita al peróxido de urea, ya que es un agente antioxidante. Se ha demostrado que el RC-Prep no remueve completamente la capa residual, esto se le atribuye a su bajo pH. El RC-Prep por su contenido de peróxido de urea, al utilizarlo con limas de calibre mayor a 20 así se instrumente e irrigue copiosamente deja una película cremosa en las paredes y en el periápice de los conductos la cual puede ocasionar un selle deficiente de la endodoncia. (6)

5.8.4.3 GLY OXIDE

Fue introducido por Stewart en 1961, es un compuesto de EDTA al 15%, más Peróxido de Carbamida (Acción blanqueadora) y una base de glicerol lo que lo hace permeable por su efecto lubricante. % (Polietilenglicol-100, Propilenglicol, Pluronic F-127 y Alcohol cetílico). Su composición es hidrosoluble lo que facilita el desprendimiento de la película cremosa que deja el glicerol. (52)

Posee una disolución de tejidos relativamente baja, no tiene ninguna acción sobre la dentina radicular, por lo que no es posible que se elimine la capa residual, el peróxido de urea tiene actividad antimicrobiana y luego de ser irrigado con el hipoclorito de sodio desprende oxígeno en forma de finas burbujas, de este modo se produce la eliminación de detritus del conducto radicular. (52)

Es importante señalar que el proceso descalcificante para Glyde ocurre a valores de pH más alcalinos, por sobre el valor original del producto desarrollándose la reacción entre pH 5,36 y 5,20. Una posible explicación a lo anterior, sería la presencia de Peróxido de Carbamida al 10% en la composición química de Glyde, el cual se degradaría al entrar en contacto con los tejidos mineralizados del diente, liberando amoníaco y dióxido de carbono, siendo la primera una sustancia básica, que neutralizará la acción de los protones liberados, actuando como buffer o amortiguador de la acción quelante del EDTA. (62)

Para el gel de EDTA en cambio existe una reacción más ácida con valores por debajo del inicial desarrollándose la reacción entre valores de 5,03 y 4,38. Se puede concluir que la actividad de Glyde como agente quelante de conductos radiculares es leve, descalcificando sólo durante un período 30 minutos y a pH superiores al valor original. (63)

Al ser utilizado en clínica podríamos obtener propiedades lubricantes y blanqueadoras con un mínimo efecto descalcificante y por ende menor daño sobre la estructura dentaria cuando se utiliza alternadamente con soluciones de hipoclorito de sodio, menor exposición de fibras colágenas susceptibles a la desnaturalización. (63)

5.8.4.4 EGTA

Compuesto por ácido tetraacético y etilenglicol, viene en concentración del 17% Es efectivo en la remoción de la capa de desecho, ya que este compuesto únicamente

capta iones calcio; aunque se ha visto que a nivel del tercio apical no es tan eficaz, no induce erosión en los túbulos dentinarios a diferencia del EDTA que según investigaciones si lo hace. (55)

5.8.4.5 REDTA

Es una solución de EDTA al 17% a la que se ha incorporado Cetrimide, además de 5 M de hidróxido de sodio. A pesar de las sugeridas ventajas de estos aditivos para disminuir la tensión superficial, varios estudios no reportan un aumento significativo en la eficacia del EDTA. (58,59) Se ha observado que el REDTA puede inhibir únicamente a bacterias anaerobias, después de 60 minutos, o incluso después de una semana. Sin embargo, al usarlo al 10%, se ha visto que inhibe a *Porphyromonas gingivalis*, después de tan sólo 1 minuto. (6)

5.8.4.6 EDTA-T

Consiste en EDTA al 17% adicionado el detergente Tergentol (lauril sulfato éter de sodio). A pesar de las sugeridas ventajas de estos aditivos para disminuir la tensión superficial, varios estudios no reportan un aumento significativo en la eficacia del EDTA. (58,59)

5.8.4.7 SMEAR CLEAR SYBRON ENDO

Con el objetivo de aumentar la penetración de las soluciones de irrigación dentro de los túbulos dentinarios, sobre todo en el tercio apical del conducto radicular. La casa comercial SybronEndo, Orange CA, introdujo al mercado una solución de EDTA al

17% más la adición de dos surfactantes la cetramida (cationica), y un surfactante aniónico, para reducir la tensión superficial del líquido. (71,72)

Por lo que se creyó que la adición de tensoactivos en los irrigantes de endodoncia mejora la capacidad de humectación en la dentina y el flujo dentro de los conductos radiculares estrechos. En sus inicios se pensaba que el EDTA con tensoactivos mejoraría la eficacia en la eliminación del barrillo dentinario sobre todo en el tercio apical. (7,72)

Sin embargo, *Jeen-Nee Lui* reporto en el 2007 que el “Smear Clear no demuestra resultados significativos mejorando su desempeño en comparación con EDTA solo.” Afirmación que fue corroborada por *Lea Assed Bezerra da Silva* en el 2008. (71)

Los últimos estudios realizados en marzo del 2012, por *Ligeng Wu* demostraron que, el EDTA al 17% puro tiene mejores resultados tanto en el tercio coronal, medio y apical comparado con el Smear Clear. Lo que indica que la reducción de la tensión superficial no aumenta la capacidad de quelación del EDTA. (70, 71,72)

Por lo que actualmente se concluye que la adición de surfactantes al EDTA tiene un efecto negativo en la habilidad quelante del EDTA. (73) Esto puede ser debido a que en condiciones in-vivo las superficies de los conductos radiculares están húmedas y la tensión superficial de la soluciones endodónticas no pueden actuar correctamente. (71)

5.8.4-8 Q-MIX

Q-Mix es un nuevo irrigante endodóntico fabricado por el Dr. Markus Haapasalo, en la Universidad de British Columbia, Vancouver-Canadá y, comercializado por (Dentsply Tulsa Dental, OK, USA). Q-Mix es una solución lista para su uso que tiene un pH neutro y está compuesto por EDTA 17%, Clorhexidina 2% y un detergente tensioactivo bromuro de cetiltrimetilamonio. (74,76)

Fue diseñado con el propósito de realizar una sola irrigación final, después de la utilización de NaOCl 5,25% durante la fase de instrumentación de conductos radiculares. Hasta la actualidad el protocolo de irrigación final incluye la eliminación del barrillo dentinario con un agente desmineralizante y, para atacar a las bacterias restantes que se alojan dentro de los túbulos dentinarios se realiza una irrigación final con el antimicrobiano. (41,76)

Por lo que un producto combinado proporciona esta opción en una sola irrigación sin causar la erosión dentinal, que se ha observado cuando se utiliza NaOCl después del uso del EDTA. Además se logra simplificar y disminuir el protocolo de irrigación final. (74,76)

Debido a su diseño de química avanzada y siguiendo las instrucciones de su fabricante, se logra reducir al mínimo las posibles reacciones indeseables con otros irrigantes dentro del conducto radicular. Bajo condiciones de laboratorio según sus fabricantes, no se evidencian pigmentaciones en los dientes del uso de Q-Mix. Como el precipitado blando que se forma entre EDTA y clorhexidina. Además a pesar del

contenido de clorhexidina, al mezclarse con hipoclorito de sodio no se forma el precipitado marrón/naranja. (Rasimick et al. 2008). (76)

5.8.4.8.1 COMPONENTES DEL Q-MIX

5.8.4.8.1.1 BROMURO DE CETILTRIMETILAMONIO

El bromuro de cetiltrimetilamonio es una sal de amonio cuaternario, su fórmula química es $((C_{16}H_{33})N(CH_3)_3)Br$. Actúa como un surfactante catiónico que sin disminuir la acción quelante del EDTA proporciona propiedades antibacterianas y facilita la humectación de las paredes radiculares ya que reduce la tensión superficial y disminuye la viscosidad de la solución irrigante, también tiene un efecto de emulsión con el que se logra expulsar hacia afuera el barrillo dentinario que se forma en la instrumentación. (76)

Es un compuesto inodoro, no volátil soluble en agua pero insoluble en disolventes no polares. Es un detergente de baja toxicidad y biosida muy potente en cuanto a su actividad desinfectante, ataca a bacterias Gram-positivas y negativas, esporas hongos y virus. Su mecanismo de acción se debe a que penetra en la porción hidrófoba en la membrana celular de los microorganismos, se asocia con el grupo fosfato de los fosfolípidos provocando alteraciones en la permeabilidad de la membrana y desequilibrio de los metabolitos del Na y K, con la subsecuente desnaturalización proteica. (82)

5.8.4.8.1.2 CLORHEXIDINA 2%

Otro potente antimicrobiano que contiene el Q-Mix es la clorhexidina al 2%. Es una molécula catiónica simétrica que consta de dos anillos de 4-clorofenil y dos grupos biguánidos unidos por un anillo central de hexametileno. Es una base fuerte y es más estable en forma de sales. La preparación más común es la sal de digluconato por su alta solubilidad en agua. (40)

La clorhexidina es bacteriostático y bactericida de amplio espectro. En altas concentraciones induce la precipitación o coagulación del citoplasma celular, causando la rotura y pérdida de los componentes celulares. En bajas concentraciones cumple con un efecto bacteriostático ya que la liberación lenta de la clorhexidina provoca que el potasio y fosforo de la membrana celular se disgregan. (40)

La clorhexidina es más efectivo contra bacterias Gram positivas que negativas, en estudios realizados por Basrani y corroborados por Haapasalo, la clorhexidina en concentraciones del 2% tiene un efecto bactericida contra el E. Faecalis, por este motivo se utiliza como un coadyuvante en tratamientos de pulpas necróticas o retratamientos. Sin embargo, no tiene propiedades de disolución de tejidos y no se puede utilizar como irrigante primario en endodoncia. (40)

Una de las ventajas de la clorhexidina, y la razón por la cual se le añadió a la mezcla de Q-mix, es que tiene afinidad con el tejido duro del diente, su molécula es absorbida por la hidroxiapatita de la superficie dental, por lo que una vez que se adhiere a la superficie tiene actividad antimicrobiana prolongada, a este fenómeno se lo conoce como sustentabilidad, por esta razón se lo utiliza como un irrigante final en la terapia endodóntica. (35,76)

A pesar de las ventajas como de sustentabilidad, baja toxicidad y efecto antimicrobiano. Hoy en día se conoce que su efecto por si solo contra el biofilm intraradicular es limitado en comparación con soluciones de NaOCl. (75) Debido a su nula capacidad de disolver tejido orgánico o inorgánico. Además existen varios estudios que sugieren que la clorhexidina tiene un efecto limitado sobre todo durante los procedimientos de instrumentación, especialmente en istmos o canales accesorios. (75)

Por este motivo se sigue recomendando el uso del hipoclorito de sodio durante la fase de instrumentación y la utilización de irrigantes antimicrobianos coadyuvantes en el protocolo final de irrigación.(74,76)

A pesar de que el EDTA no tiene un efecto antibacteriano cuando se utiliza solo, puede causar daño de la pared celular en bacterias Gram-negativas por quelación y la eliminación de los cationes Mg^{2+} Ca^{2+} de membrana celular bacteriana y

aumentando la permeabilidad para el ingreso inmediato de los antimicrobianos presentes en Q-Mix. (76)

5.8.4.9 INVESTIGACIONES IN-VITRO CON Q-MIX

En un estudio in vitro, realizado en la Universidad de Columbia, en el cual se comparó la eficacia entre Q-Mix y NaOCl al 1% contra cepas de E. Faecalis se concluyó que ambos irrigantes son capaces de eliminar a la bacteria en 5 segundos. Mientras que la clorhexidina al 2% y el MTAD no fueron capaces de eliminar a las bacterias inclusive 3 minutos después. En el mismo estudio en el cual se utilizó biofilms con bacterias mixtas, se puede observar que Q-Mix eliminó de dos a cuatro veces más el biofilm bacteriano en relación con el NaOCl 1% y Clorhexidina 2% respectivamente. Sin embargo, el NaOCl 2% fue más efectivo que Q-Mix, pero a los 3 minutos de exposición Q-MiX había matado a más bacterias que cualquier otra solución, (65,33%) y la diferencia con 2% de NaOCl (50,03%) no fue estadísticamente significativo.(76)

A pesar de que se realizaron dos diseños experimentales diferentes in-vitro y ex-vivo para evaluar las propiedades antimicrobianas del Q-Mix y otros agentes desinfectantes. Los resultados pueden no mostrar datos reales debido a que la situación in vivo en el canal radicular presenta variantes como la anatomía, el ecosistema, la calidad y cantidad de los microorganismos

Sin embargo, a pesar de estas deficiencias reconocidas, los estudios en laboratorio bien diseñados proporcionan información valiosa sobre el eficacia comparativa de los agentes antimicrobianos.(77)

En relación con la remoción del barrillo dentinario S. Stojicic et.al. contaron el número de túbulos dentinarios abiertos. Y demostraron que Q-MiX fue igual de efectivo que el EDTA al 17%. De igual manera concluyeron Dai et al. no existen diferencias significativas en cuanto a la remoción de barrillo dentinario entre Q-mix y EDTA 17% (76,77)

Dai et al. en su estudio mencionan que la presencia de una burbuja de vapor dentro del sistema de conductos que es cerrado, puede afectar la eficacia en la eliminación de la capa de barrillo dentinario sobre todo en el tercio apical. Sin embargo, se ha visto que la presencia de esta película entre el irrigante y la pared del canal todavía permite la eliminación de los residuos pero de manera menos eficiente. (77)

Actualmente se conoce que la capacidad para eliminar los residuos de las paredes del canal es más dependiente del flujo de los irrigantes y la manera en que se agitan dentro del canal, en lugar de la agresividad de los irrigantes. Por lo que debido a que hay un flujo limitado de los irrigantes cuando se utiliza una aguja con salida lateral sin agitación mecánica adicional, no es sorprendente que no existan diferencias significativas entre los irrigantes concluyeron Dai et al.(77)

Por lo que se recomienda evaluar la eficiencia de los agentes quelantes fabricando un sistema cerrado del canal con cera o polivinilsiloxano y, utilizando dispositivos de agitación, tales como ondas sónicas o ultrasónicas, así como dispositivos que incorporan un enfoque apical de presión negativa. (77)

5.8 SUSTANCIAS IRRIGANTES CONTEMPORANEAS

5.9.1 MTAD (MIXTURE OF TETRACYCLINE ISOMER, ACID AND DETERGENT)

Desarrollado por Mahmoud Torabinejad y colaboradores, en la Universidad de San Loma Linda, California, distribuido por Tulsa, Dentsply. Una sustancia irrigadora con propiedades antibacterianas que mejora la limpieza de los conductos radiculares y promueve la remoción del barrillo dentinario, por sus capacidades quelantes sugiriéndose como sustancia irrigadora final coadyuvada por el uso de hipoclorito de sodio. (29, 52,61)

El MTAD, es una solución ácida con un pH de 2.15, formada por una mezcla de un isómero de tetraciclina, doxiciclina al 3%, ácido cítrico al 4,25% y 0,5% de detergente (Tween 80).

Las tetraciclinas, entre ellas la doxiciclina es un antibiótico bacteriostático de amplio espectro. (52,61) Para que la doxiciclina logre cumplir su efecto bacteriostático es necesario que su concentración sea relativamente alta de al menos 5ml de doxiciclina, es un bacteriostático con alta afinidad por la dentina. Su mecanismo de

acción es inhibir la síntesis proteica con ligadura de la subunidad ribosomal 30s de las bacterias. (67) Se ha reportado que la doxiciclina tiene propiedades de quelación, antibacterianas y poder de sustentividad. (68)

El efecto del ácido nítrico como agente quelante para la irrigación del sistema de conductos radiculares, éste es un agente quelante que por su bajo pH reacciona con los iones metálicos de los cristales de hidroxiapatita para producir un quelato metálico que reacciona con las terminaciones del agente quelante al remover los iones de calcio de la dentina formando un anillo. De esta forma la dentina se reblandece cambiando sus características de solubilidad y permeabilidad de las paredes dentinarias especialmente la dentina peritubular rica en hidroxiapatita incrementando el diámetro de los túbulos dentinales expuestos, y dando lugar a la remoción del barrillo dentinario. (67)

El detergente utilizado en este preparado, es una sustancia surfactante hidrofílica, no iónica su función es la de disminuir la tensión superficial de la solución para que exista la difusión de la solución irrigadora dentro del conducto radicular y hacia los túbulos dentinales, lo que promueve el aumento de la propiedad antimicrobiana del antibiótico dentro del conducto. (52, 61,64)

El MTAD ha demostrado ser un material biocompatible, no produce cambios estructurales sobre las paredes de la dentina, pues se ha reportado que no afecta las propiedades físicas de la dentina como la fuerza flexural y módulo de elasticidad, incluso por períodos de hasta 20 minutos, lo que sugeriría su uso clínico de una manera segura. (52)

El MTAD actúa sobre la porción inorgánica del barrillo dentinario con efectos similares sobre la pulpa y la dentina en comparación con el EDTA. Por esta razón se recomienda el uso previo de NaOCl para la remoción de restos pulpar y de la porción orgánica del barrillo dentinario, en comparación con el EDTA la presencia de doxiciclina en la solución de MTAD provee un amplio efecto antibacteriano lo por lo que se elimina la necesidad de altas concentraciones de NaOCl.

Torabinejad indica que el MTAD en cuanto a la capacidad antimicrobiana es tan eficaz como el NaOCl 5,25% y muy superior al EDTA. (67) Además, los reportes de la casa comercial fabricante sugieren que es mejor en comparación con la clorhexidina en la eliminación del *Enterococcus Faecalis*. (67)

Al comparar el efecto del EDTA y el MTAD, ambos son eficientes en la remoción del barrillo dentinario, sin embargo el EDTA ha demostrado que su acción se localiza principalmente a nivel del tercio medio y cervical, mientras que se ha reportado que el MTAD es efectivo a lo largo de todo el conducto, especialmente en el tercio apical y, causa menos erosión sobre los túbulos dentinarios. (12, 13)

En la actualidad el uso del MTAD ha quedado limitado, a pesar de ser un irrigante muy biocompatible. Se conoce que tiene un reducido espectro antibacteriano, no es eficaz contra el *E. Faecalis*. Se ha comprobado que su eficacia antibacteriana es débil en comparación con el NaOCl 2,5% y 5,25%. Y su tiempo de trabajo es de 5-10 minutos para eliminar bacterias. (69,70)

Otra desventaja del uso del MTAD es la pigmentación que produce en los dientes por la formación de un precipitado color café al interactuar junto con el NaOCl. O debido a la foto-oxidación de la tetraciclina que da como resultado un producto de degradación purpura que tiene alta afinidad por la hidroxiapatita. (67)

5.9.2 MTAN (MIXTURE OF TETRACYCLINE ISOMER, ACID AND NISIN)

La Nisina es un antibiótico péptidico producido por *Lactococcus lactis*, es usado en la industria como un bioconservante., extensamente utilizado como conservante en los productos lácteos y, para prevenir la formación de biopelículas bacterianas en la superficie de algunos materiales, como el acero y tubos de carbono.(69)

El péptido se compone de 34 aminoácidos residuos de ácido, incluyendo ácidos tales como aminoácidos inusuales lanthionines y b-metil-lanthionines. La nisina inhibe la proliferación de la mayoría de bacterias gram-positivas y es térmicamente estable, inodoro, incoloro, insípido, y activa a pH bajo. (69)

La nisina también tiene un fuerte efecto bactericida, y microorganismos generar poca resistencia a la nisina. Su efecto bactericida es rápido sobre todo con las bacterias gram-positivas. Además, nisina tiene baja toxicidad y es generalmente reconocido como seguro FDA. (69)

Estas ventajas de la Nisina sugieren que tiene potencial como un irrigante intracanal ideal. Por lo tanto, la combinación de MTAD crea un efecto

sinérgico que mejora notablemente la actividad antibacteriana del MTAD contra los agentes patógenos persistentes como el *E. faecalis*. (69)

Zhongchun Tong en Abril 2012 realizó un estudio in-vitro con cepas de *L. fermenti*, *L. paracasei*, *A. viscosus*, *A. naeslundii*, *S. gordonii*, *P. gingivalis*, *P. intermedia*, *F. nucleatum*. Logró demostrar que el MTADN cumple un efecto bactericida contra estas bacterias. Ya que logra inhibir las bacterias por la síntesis de proteínas a nivel ribosomal en la célula microbiana. (70)

Sin embargo, en la observación de SEM, la morfología de *P. gingivalis* no presentó cambios significativos después MTAD y MTADN, aunque los dos fármacos mostraron un rápido efecto antibacterial contra *P. gingivalis*. Este resultado también indicó además que la nisina en MTADN no podría jugar un papel clave en la inhibición de las bacterias gram-negativas y *Peptostreptococcus*. (70)

Sin embargo, en los estudios que sean realizado con bacterias planctónicas para evaluar la actividad antibacteriana de los irrigantes a pesar de que se ha encontrado que pueden causar la inhibición de las biopelículas patógenas asociados con la infección del conducto radicular. Todavía tiene que evaluarse más si la combinación de fármacos puede eliminar eficazmente a la diversidad de especies bacterianas presentes en los conductos radiculares infectados y es más aún por la compleja morfología del canal radicular. (69,70). Además se debe comprobar que resultados son más exitosos si combinar MTAD con Nisina o sustituir la Doxiciclina por Nisina. (69.70)

5.9.3 TETRACLEAN

El tetraclean es un irrigante fabricado por el laboratorio (Ogna Farmaceutici, Milano, Italy), que se fabricó como irrigante final después que los conductos hayan sido instrumentados. En su composición tiene doxiciclina 50 mg/5 ml, ácido cítrico 10.5%, cetramida y, polipropileno glicol. Fue hecho con la finalidad de proporcionar desinfección y remover el barrillo dentinario en una sola irrigación final. (83,84)

En un estudio reciente se comprobó que Tetraclean es activo contra las bacterias responsable de la infección primaria de conductos radiculares. Debido a la presencia de la doxiciclina que tiene sus propiedades de sustantividad y a su baja tensión superficial se une a la dentina y luego se libera lentamente. Tetraclean es capaz de penetrar en el interior de los túbulos dentinarios y actuar hasta 72 horas logrando eliminar completamente la carga bacteriana en los todas las muestras analizada debido a su baja tensión superficial. (83)

F. G. Pappen, (2010). Comparó la eficiencia contra el E. faecalis y el biofilm polimicrobiano del MTAD y el Tetraclean. Y concluyeron que la formula mejorada del Tetraclean cumple un mejor efecto antibacteriano que el MTAD. (84)

De igual manera en otro estudio similar Tetraclean muestra una mejor acción que el MTAD, pero la desaparición total del biofilm se alcanza solo después de 30 a 60 minutos de irrigación. Es un tiempo demasiado largo para uso clínico como irrigante

final. Sin embargo si se alcanza una reducción significativa de bacterias con el uso de Tetraclean a los 5 minutos de uso. (86)

Bajo observaciones al Microscopio electrónico de barrido (SEM) estudios mostraron que MTAD y Tetraclean son soluciones eficaces para la eliminación de la capa de barrillo y tienen la ventaja de no producir cambios significativos en la estructura de los túbulos dentinarios. (83)

En otro estudio realizado en el cual se compara el EDTA y Tetraclean los autores concluyen que tanto el EDTA 17% y tetraclean al utilizarlos duran 1 minuto no producen daños a la dentina intra y peritubular y que cumplen con una buena función de remoción de barrillo dentinario. (84)

Claudio Poggio en septiembre 2012, evaluó la capacidad de descalcificación que tiene el Tetraclean y concluyó que debido a la mezcla de ácido cítrico, cetramida, doxiciclina, y polipropileno glicol, existe una alta liberación de Ca^{2+} , inclusive muestra mayores propiedades de disolución otra versión explica que puede ser debido al pH más bajo de las soluciones de ácido cítrico (pH <2). De igual manera Sterrett et al. propuso que el pH de la solución de ácido cítrico es un factor más importante a la desmineralización que su concentración. (83)

5.10 IMPORTANCIA DE USAR EDTA EN EL PROTOCOLO FINAL DE IRRIGACIÓN

Los objetivos principales del tratamiento de endodoncia son la limpieza, conformación y obturación tridimensional del sistema de conductos radiculares. Para lo cual es necesario realizar el desbridamiento completo del conducto.

La capa de barrillo dentinario se forma sobre las paredes de los conductos radiculares, como subproducto que se genera durante la instrumentación del canal. Esta capa se adhiere a las paredes del conducto radicular y puede ocluir parcial o totalmente los túbulos dentinarios y conductos accesorios. (72)

La capa de barrillo dentinario es amorfa y granular y está compuesto de procesos odontoblásticos, tejido pulpar vital o necrótico y, microorganismos. Puede ser dividida en 2 zonas: la primera, que es de 1-2 mm de espesor, está unida a la superficie de las paredes del conducto, y la segunda, que se introduce en el interior de los túbulos dentinarios a una profundidad de 40 μ m dando lugar a la formación de un tapón o plug inter e intratubular dejando atrapadas a las bacterias en el interior de los túbulos dentinales y además de las que están contenidas en el barrillo dentinario.(72)

Varias investigaciones realizadas desde 1974 (Olgart et al.) hasta el 2010 (Weirong Tang et al.) han comprobado que la eliminación de la capa de barrillo dentinario antes de la obturación aumenta la permeabilidad de la dentina para el ingreso de los

irrigantes y mejora la penetración de los materiales de obturación improvisando un mejor sellado de la obturación del conducto radicular, disminuyendo el riesgo de microfiltración apico coronal que puede comprometer el resultado del tratamiento endodóntico.(78)

Sin embargo, recientemente se han publicado varios estudios que mencionan la reducción de la microdureza y el aumento de la rugosidad de la dentina radicular al utilizar EDTA puro o en combinación con detergentes como protocolo de irrigación final. (79)

Las observaciones sugieren, que los cambios estructurales de la dentina al eliminar componentes orgánicos e inorgánicos, a pesar de que proporcionan ciertas ventajas de desinfección, puede ocasionar una influencia negativa en las propiedades físicas y químicas como la reducción significativa de la fuerza flexural, módulo de elasticidad y la microdureza lo que ocasiona el incremento al riesgo de fracturas radiculares. (79)

No obstante, este inconveniente ocurre cuando se usa por periodos prolongados y en altas concentraciones. Weirong Tang, en su estudio comprobó que al usar EDTA 17% por 10 minutos aumenta significativamente el riesgo de fractura radicular. Una posible explicación a esto es que, la larga exposición al EDTA 17% ocasiona efectos perjudiciales en la dentina peritubular e intertubular. Lo que podría afectar las

propiedades mecánicas de la dentina y por consiguiente disminuye la resistencia a la fractura de la raíz. (80)

Por otro lado, Emel Uzunoglu et al. investigó el efecto de la concentración y el tiempo del EDTA en relación a las fracturas radiculares y concluyó que, el EDTA 5% durante 10 minutos y EDTA 17% durante 1 minuto tuvieron un efecto positivo en la resistencia a la fractura de la raíz. Una posible explicación podría ser que estos regímenes de irrigación eliminan eficazmente capa de barrillo sin causar la erosión dentinaria. (81,86)

Por lo que se sigue recomendado el uso del EDTA. Sin embargo se debe seleccionar una adecuada concentración del EDTA, que provoque un efecto adverso mínimo en las propiedades mecánicas del diente. Esto podría lograrse mediante el uso de EDTA a concentraciones altas y con un tiempo de aplicación corto o concentraciones menores de EDTA con un periodo de aplicación más largo. Además se debe eliminar por completo los irrigantes antes de la obturación endodóntica. (79, 80,81)

5.11 INTERACCIÓN ENTRE EDTA Y NaOCl EN EL PROTOCOLO FINAL DE IRRIGACIÓN

El uso combinado de EDTA y NaOCl ha sido recomendado por varios años para la eliminación eficiente de la capa de barrillo dentinario de la superficie del canal radicular como lavado final dejando abierto los túbulos dentinales incluyendo canales

laterales y accesorios y, para eliminar microorganismos que se encuentran contenidos en el interior del túbulo dentinario respectivamente.(87,88)

Sin embargo, investigaciones recientes, demuestran que esta combinación puede tener un efecto excesivamente agresivo en las paredes del canal pudiendo causar mucha erosión dentinal y la degradación de la dentina peri-y tubular inter-dentina tubular y, como consecuencia una alteración de sus propiedades mecánicas. (88)

Actualmente se ha sugerido que el uso de esta combinación puede conducir a la erosión de la dentina radicular como resultado de la hiperdescalcificación inducida por el EDTA. W. Niu, et al. concluyeron que la erosión de la dentina radicular ocurre cuando se utiliza una irrigación de EDTA seguida de NaOCl. Y bajo observaciones al SEM observaron que el diámetro de los túbulos dentinarios es aumentado dejando un grosor de la dentina intertubular pequeño. (87)

La dentina radicular está compuesta por una red colágeno denso cubierto por cristales de hidroxiapatita. Es decir, que existe en el centro un núcleo orgánico cubierto por una capa inorgánica. El mecanismo de erosión se debe a que el NaOCl es una base fuerte y oxidante no específico, conduciendo a la degradación de los aminoácidos por medio de reacción de neutralización y cloraminación. (88)

Cuando se utiliza el NaOCl antes del EDTA el revestimiento de hidroxiapatita protege a las fibras colágenas de la acción de disolución de material orgánico del hipoclorito de sodio. Por lo contrario, en una situación opuesta, el EDTA degrada el material

inorgánico que protege a las fibras colágenas y el NaOCl puede atacar directamente el colágeno que ha quedado expuesto por los agentes de desmineralización. (88)

Hallazgos microscópicos sugieren que la erosión dentinal no solo ocurre en la superficie de las paredes del canal sino también en el interior de los túbulos dentinarios después de la irrigación de EDTA seguida de NaOCl. (87)

C. Alt y Serper (2000) informaron que la erosión de la dentina se observó en la porción central de los conductos instrumentados cuando son irrigados con 10 ml de EDTA 17% seguido por 10 ml de NaOCl 5%. Por lo que sugirieron que para evitar la erosión de la dentina se utilicen las soluciones de EDTA por menor tiempo y en pequeñas cantidades. Sin embargo, contrario a esto W. Niu concluye que a pesar de que se utilizan en volumen y tiempos menores al alternar EDTA con NaOCl se va provocar la erosión dentinaria. (87)

Wei Qian (2011) también concluye que al alternar EDTA y NaOCl causa un gran impacto en la erosión de la pared radicular del conducto principal. Ya que comprobó que el tratamiento con EDTA 17% mas NaOCl 2,5% por 1 minuto ha demostrado que remueve significativamente más iones calcio de la dentina radicular que al utilizar solo EDTA 17%. (88)

Actualmente no se sabe si la erosión es perjudicial para la dentina radicular y el diente. Sin embargo, se conoce que el componente mineral en los tejidos conectivos

duros contribuye a la resistencia y módulo elástico, mientras que el colágeno es responsable de la dureza. Por lo que teóricamente, la erosión observada podría ser un factor que contribuye a la fractura vertical radicular. Por lo que es necesario evaluar la profundidad de la erosión, ampliación de los túbulos dentinarios, el grosor de la raíz, y la cantidad de dentina esclerótica en la raíz. (88)

Debido a que la adhesión de los materiales de obturación en gran medida se debe a los iones calcio y la cantidad de materia orgánica expuesta. Es importante también evaluar si debido a estos cambios estructurales en la composición de la dentina radicular provoca una disminución en la capacidad de sellado de los materiales de obturación sobre todo en las técnicas adhesivas, debido a que los materiales fabricados para la adhesión necesitan de fibras colágenas para cumplir su función. (88)

5.12 USO DE ULTRASONIDO EN ODONTOLOGIA

El ultrasonido es una vibración u onda acústica con una frecuencia de sonido mayor a la frecuencia perceptible para el oído humano aproximadamente 20.000 Hz. Existen dos métodos básicos para la producción de las ondas ultrasónicas. En primer lugar, por magnetostricción en la cual, la energía electromagnética se convierte en energía mecánica debido a que varias tiras metálicas magnetostrictivas en una pieza de mano se unen en un campo estable magnético produciendo como resultado vibraciones con un movimiento elíptico y generando calor por lo que para su uso se

requiere refrigeración adecuada. Mientras que el segundo método, se basa en el principio piezoeléctrico, utiliza un cristal que cambia de tamaño cuando se aplica una carga eléctrica, cuando el cristal se deforma se produce una oscilación mecánica con movimientos lineales de atrás hacia adelante como un pistón y sin producir calor, suministrando de este modo la seguridad y control, mientras que se mantiene la eficacia de corte. (4)

El concepto de odontología mínimamente invasiva y el deseo de realizar preparaciones de cavidades de pequeño tamaño significó el uso del ultrasonido por primera vez en tratamientos odontológicos. Sin embargo, su uso no se hizo popular hasta 1955, año en que un se empezó a utilizar el ultrasonido para eliminar el cálculo dental y la placa de las superficies de los dientes. (4)

A pesar de que anteriormente dispositivos ultrasónicos ya se utilizaban en el campo de la odontología para tratamientos terapéuticos, fines de diagnóstico y también para la limpieza de instrumentos antes de la esterilización. (4)

El uso principal del ultrasonido ha sido hasta hace poco en el área de la periodoncia para raspar y alisar las superficies radiculares de los dientes. Sin embargo, Richman introdujo por primera en 1957 la instrumentación ultrasónica con cavitron para la irrigación en la terapia de conducto radicular obteniendo buenos resultados. (4,89)

El término “endosónico” fue acuñado por Martin y Cunningham y lo definieron como un sistema de instrumentación y desinfección del canal radicular utilizando energía ultrasónica. Además en la actualidad el uso de ultrasonido en endodoncia incluye el acceso a los conductos radiculares, localización de conductos, limpieza, conformación y llenado de los canales, eliminando obstrucciones y materiales intracanal y cirugía endodóntica. (4,89,90)

5.13 IRRIGACIÓN ULTRASONICA PASIVA

Es bien sabido que la eficacia de la irrigación se basa tanto en la acción mecánica del irrigante sobre las paredes del conducto radicular, así como en la capacidad química de los irrigantes para disolver tejido orgánico e inorgánico.

Actualmente se conoce que la manera más eficaz para desinfectar sobre todo la porción apical es a través del movimiento de la solución de irrigación. Se ha demostrado que un irrigante en conjunción con vibración ultrasónica, genera un movimiento continuo del líquido y, se asocia directamente con la eficacia en la desinfección del espacio del conducto radicular. (89)

El concepto de usar ultrasonido en endodoncia fue introducido por primera vez por Richman en 1957. Martin et al. demostraron la capacidad del ultrasonido de producir energía y ser capaz de activar una lima tipo K para cortar dentina y poder ser utilizados durante la preparación y desinfección de los conductos radiculares. Sin embargo debido a la actividad cortante de las limas K ocurrían transportaciones o la

creación de formas aberrantes como escalones, perforaciones dentro del conducto radicular, especialmente en canales curvos, motivo por el cual no tuvo gran acogida. (89,90)

Actualmente se utiliza la irrigación ultrasónica pasiva y, fue descrita por Weller y col. (1980). PUI por sus siglas en inglés (Passive Ultrasonic Irrigation) se basa en la transmisión de energía acústica desde una lima lisa o no cortante que oscila dentro del canal radicular provocando la agitación de la solución de irrigación aumentando la corriente del fluido en el interior del conducto radicular.(89)

La eficacia de la limpieza de tejidos utilizando PUI implica la remoción efectiva de detritus de dentina, los microorganismos (biofilm) y tejidos orgánicos del conducto radicular. Debido a la transmisión activa de la irrigación, su potencial de contacto en una mayor superficie de la pared del conducto se verá incrementada. (90)

Hoy en día se conoce que la irrigación ultrasónica pasiva es un complemento importante para la desinfección del sistema de conductos radiculares y, en comparación con jeringa de irrigación tradicional, elimina más tejido orgánico remanente, bacterias planctónicas y los residuos de la dentina conducto radicular.(4,89,90)

Esto se debe a que la acción del ultrasonido genera cavitación y corriente acústica. La corriente acústica se puede definir como un movimiento rápido del fluido en forma

circular alrededor de la lima de vibración. Esta transmisión acústica que se produce en el interior del conducto radicular se lo ha descrito como microcorrientes acústicas que ocurre sobre todo a nivel de la punta de la lima. (4)

La cavitación se define como creación de burbujas de vapor o la expansión, contracción y / o distorsión de la pre-existente burbujas en un líquido. Estas burbujas se expanden y luego rápidamente colapsan produciendo un foco de energía (4)

La irrigación ultrasónica pasiva se puede realizar con una lima de pequeño calibre o lisa, que pueda oscilar libremente en el canal radicular para inducir a las microcorrientes. La conicidad y el diámetro del conducto al utilizar PUI son parámetros importantes en la determinación de la eficacia para la eliminación de barrillo dentinario con el uso de EDTA y de igual manera el NaOCl al ser activado con vibraciones ultrasónicas tiene un mayor efecto antibacteriano. Por lo que el uso de esta combinación mejora el intercambio de sustancias dentro del canal y permite un calentamiento de la sustancia de irrigación logrando un mayor efecto de limpieza.(4)

El calentamiento del irrigante y de la superficie radicular durante la irrigación ultrasónica pasiva alcanza temperaturas desde 37 °C a 45 °C cuando el irrigante es activado ultrasónicamente durante 30 segundos sin recambio continuo. Un aumento de la temperatura dentro de estos intervalos no causa daños patológicos sobre el ligamento periodontal y la eficacia del NaOCl aumenta contra el biofilm. En general, la literatura recomienda entre 30 y 3 minutos para la agitación del NaOCl, ya que no hay un consenso definido en el tiempo exacto. (90)

Hoy en día existe un consenso general de que la PUI es más eficaz al comparar con la irrigación de jeringa convencional en la eliminación de tejido pulpar y los restos de dentina. Esta diferencia puede ser debido al hecho de que el ultrasonido crea una mayor velocidad y volumen de flujo del irrigante en el canal durante el riego, lo que elimina más residuos, produciendo menor taponamiento apical un mejor acceso de los productos químicos hacia los conductos accesorios.(4)

Los resultados exitosos obtenidos al utilizar PUI podrían ser debido a dos factores principales. En primer lugar a la potencia que produce el ultrasonido causa una desaglomeración del biofilm bacteriano contenido dentro del conducto radicular por la acción de la corriente acústica. La ruptura del biofilm deja a las bacterias más susceptibles a la acción antibacteriana del NaOCl. La cavitación también puede producir un debilitamiento temporal de la membrana celular haciendo a las bacterias más permeables contra el NaOCl. A pesar de que se elimina mayor cantidad de microorganismos que con la irrigación convencional no se logra desinfectar el conducto al 100%.(4)

Lucas van der Sluis, afirma que los restos de dentina se elimina significativamente cuando se utiliza la activación ultrasónica y con flujo continuo del irrigante durante 1,5 minutos. (91)

De igual manera Gutarts et a. en estudios histológicos in vivo comparó la eficacia en el desbridamiento del canal radicular utilizando irrigación ultrasónica pasiva y concluyo que 1 minuto de PUI produce una limpieza significativa de los canales e

istmos del conducto radicular. Estos hallazgos corroborados por Burleson et al. quienes confirmaron que el biofilm y restos necróticos es significativamente mayor después de realizar PUI durante 1 minuto (92)

Algunos autores sostienen la idea de que el mejor momento para utilizar PUI para mejorar el flujo de acción se encuentra en la fase inicial del tratamiento endodóntico, con la idea de que el irrigante se expande desde la cámara pulpar hacia la profundidad del conducto radicular con la ventaja de utilizar limas de pequeño calibre. Sin embargo actualmente los estudios indican que el momento ideal para realizar la activación ultrasónica del irrigante es después de la instrumentación como protocolo final de irrigación. Ya que esto permite que la el irrigante llegue a longitud de trabajo aumentando la eficacia de riego (4)

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

La siguiente investigación es un estudio comparativo in vitro experimental en el cual se utilizó:

6.2 MUESTRA

- 32 premolares uniradiculares superiores e inferiores humanos extraídos.



Foto N° 1. Muestra seleccionada para el estudio.

6.2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Premolares extraídos uniradiculares con raíces con curvatura menor o igual a 20° según la teoría de curvaturas de Schneider.
- Dientes sin tratamiento de conducto previo.
- Dientes con ápice completamente formado.
- Dientes que en la radiografía periapical muestren accesibilidad a la cámara pulpar y que tengan línea de conducto a lo largo de toda la raíz.
- Raíces que al ser cortadas las coronas tengan una longitud mínima de 12 mm.
- Raíces que al ser hemiseccionadas longitudinalmente muestren los fragmentos completos y con superficies lisas.

6.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Premolares birradiculares.
- Dientes con ápices abiertos.
- Premolares con curvaturas mayores a 21° según la teoría de curvaturas de Schneider.
- Dientes que en la radiografía periapical no se observe accesibilidad a la cámara pulpar y que no tengan línea de conducto continua a lo largo de toda la raíz.
- Raíces que al ser cortadas las coronas tengan una longitud menor de 12 mm.
- Raíces que al ser hemiseccionadas longitudinalmente muestren los fragmentos incompletos o con superficies irregulares.

6.3 MATERIALES

Para el protocolo de irrigación se utilizó.

- Hipoclorito de Sodio 5,25%
- Q-Mix (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa,OK, USA)
- EDTA 17% (EUFAR)
- Ultrasonido miniendo II (SybronEndo, Orange, CA USA)
- Puntas ultrasónicas #20 (Irri- Safe; Acteon, Merignac, France)
- Jeringa de 5ml (NIPRO)
- Agujas de irrigación con salida lateral monojet. (Ultradent, South Jordan, UT)
- Puntas de succión capilari. (Ultradent, South Jordan, UT)



Foto N° 2: Materiales utilizados para la investigación

6.4 METODOLOGÍA

6.4.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Los dientes fueron almacenados a temperatura de 5 °C en suero fisiológico (LIRA S.A) hasta el momento de ser instrumentados. Se realizó la limpieza de las superficies dentales con cavitron (NSK).

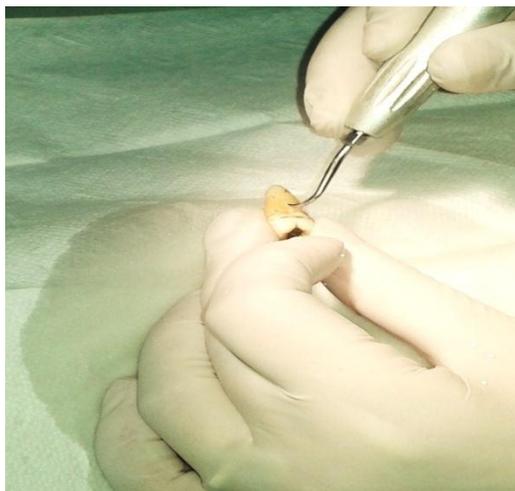


Foto N° 3: Limpieza de los dientes con cavitron (NSK) antes de empezar el estudio.

Por motivos de estandarización los dientes debían tener una curvatura menor a 20° basada en el grado de curvatura utilizando la clasificación de Schneider (1971). Se tomaron radiografías periapicales de todas las muestras, con ayuda de un radiovisógrafo *Gnatus* y el programa de imagen computarizada *Schick*, verificamos la anatomía radicular, y se calculó la curvatura de los dientes, obteniendo una media de 20° o menos. (Anexo N° 1)

Se cortaron transversalmente las coronas a nivel de la unión amelocementaria de cada diente utilizando el motor de baja velocidad (*NSK*) y un disco de carburo.



Foto N° 4: Corte transversal de las coronas a nivel de la unión amelocementaria utilizando el motor de baja velocidad (*NSK*) y disco de carburo.

Se realizaron los accesos radiculares y la permeabilización de los conductos radiculares con lima K # 10 (*Maillefer, Dentsply*). Se realizó la conductometría con una lima K # 10. La longitud de trabajo fue 1mm menor del ápice radiográfico. (ANEXO N° 2 y 3)



Foto N° 5: Permeabilización de los conductos radiculares con lima K # 10 (*Maillefer, Dentsply*) y conductometría.

Los conductos radiculares se instrumentaron con sistema rotatorio Protaper universal (*Maillefer, Dentsply*). Según la técnica recomendada por el fabricante (Sx, S1, S2, F1, F2, F3). En cada cambio de lima se realizó irrigaciones con NaOCl al 5,25% con jeringa de 5 ml (*NIPRO*) y aguja con salida lateral (*Monojet, Ultradent*) a 1 mm menos de la longitud de trabajo, los conductos se irrigaron con suero fisiológico 1mL antes de irrigar con los agentes quelantes y se secaron con puntas de succión capilari (*Ultradent*).

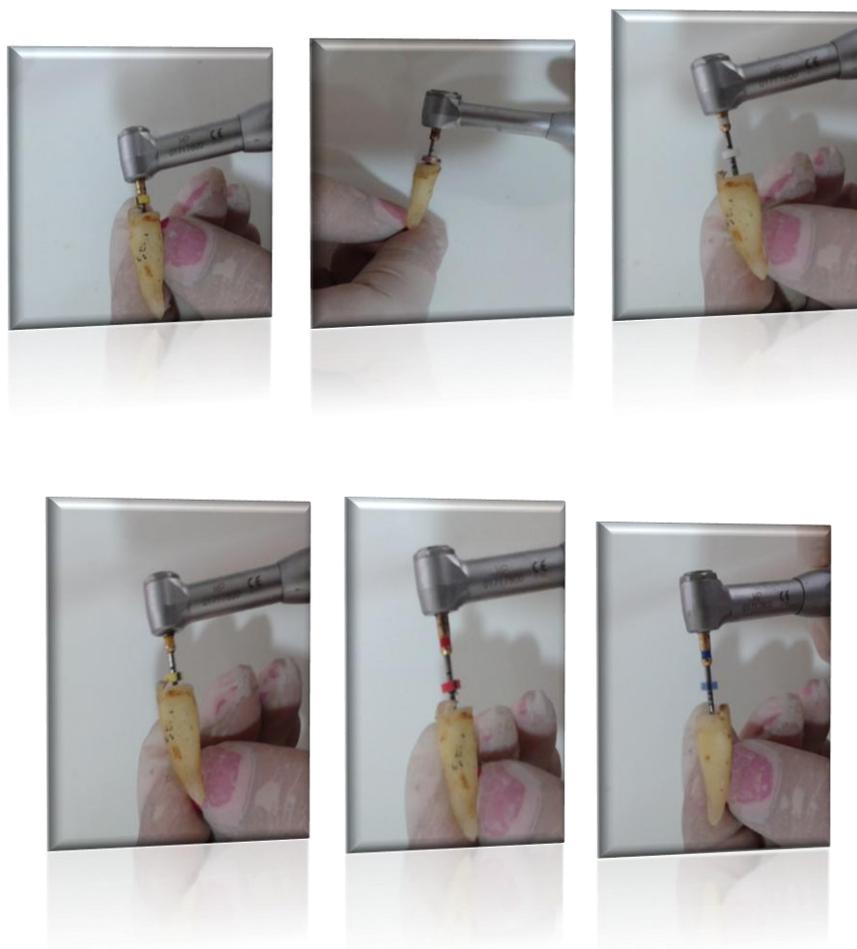


Foto N° 6: Instrumentación con sistema rotatorio Protaper universal (*Maillefer, Dentsply*). Según la técnica recomendada por el fabricante (Sx, S1, S2, F1,F2,F3).



Foto N° 7 y 8: Irrigación con NaOCl al 5,25% con jeringa de 1 mL (*NIPRO*) y aguja con salida lateral (*Monojet, Ultradent*) a 1 mm menos de la longitud de trabajo, los conductos se secaron con puntas de succión capilari (*Ultradent*) antes de la irrigación de los agentes quelantes.

6.4.2 DIVISIÓN DE LOS GRUPOS

Los conductos se dividieron 4 grupos experimentales aleatoriamente distribuidos.

GRUPO	#DIENTES	IRRIGANTE	Activación ultrasónica pasiva	TIEMPO
Control Negativo	1	Suero fisiológico	NO	-
Control Positivo	1	Ácido cítrico 10% 2mL	SI	1 Minuto
Grupo A	10	Q-Mix 2 mL	SI	1 Minuto
Grupo B	10	EDTA 17% 2mL	SI	1 Minuto

Tabla N° 1: División de los grupos experimentales

La última irrigación de todos los grupos de dientes fue con suero fisiológico.



Foto N° 9 Y 10: Dientes divididos por grupos: A (Q-mix Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) B (EDTA 17% Eufar)



Foto N° 11: Activación ultrasónica pasiva de los dientes del grupo A y B con puntas ultrasónicas #20 (Irri- Safe; Acteon, Merignac, France) durante 1 minuto a menos 1 mm de la longitud de trabajo.

6.4.3 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA OBSERVACIÓN EN MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO

Para la observación microscópica se realizó una muesca longitudinal en vestibular y lingual de la raíz con un disco de diamante y motor de baja velocidad, sin penetrar hasta la profundidad del conducto con la ayuda de un elevador recto introducido en la muestra para poder separar las dos mitades de las raíces. Se escogió el segmento con mayor nitidez de corte y se midió con una sonda periodontal UNC 15 (*Hufriedy*) 5 mm apicales que posteriormente fueron observados en el microscopio electrónico de barrido de barrido.



Foto N° 12: Motor de baja velocidad (SR Freedom) y disco con filo de diamante (Masterdent) que se utilizó para cortar los dientes



Foto N° 13: Muesca Longitudinal en vestibular y palatino/lingual de los dientes.



Foto N° 14: Corte longitudinal de las muestras dentales desde unión amelocementaria hasta apice radicular.

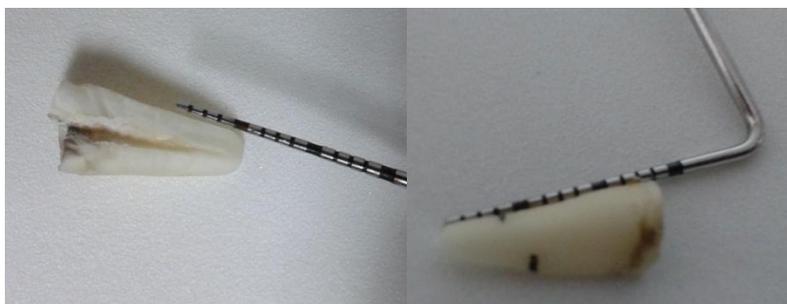


Foto N° 15: Medición de los 5 mm apicales con una sonda periodontal UNC 15
(Hu.Friedy)

Las muestras dentales seleccionadas fueron almacenadas por motivos de transportación (Quito-Guayaquil) en fundas de esterilización pequeñas llevando un control estricto de su identificación según al grupo que correspondan. Para proceder al análisis bajo el microscopio electrónico de barrido en el Centro de Investigación de

Microscopia Electronica en el Instituto Nacional de Salud Publica e Investiación de Higiene (INSPI) en Guayaquil-Ecuador.



Foto N° 16: Almacenamiento de las muestras para ser transportadas al (INSPI)

Para la observación de los túbulos dentinarios en microscopía electrónica de barrido es necesario que no exista humedad, ya que esto puede producir una distorsión de las imágenes, por lo que las muestras dentales fueron deshidratadas con alcohol en concentraciones crecientes de 70%, 80%, 90%, durante diez minutos, y al 100% por treinta minutos.



Foto N° 17: Proceso de deshidratación de las muestras con concentraciones crecientes de alcohol 70%, 80%, 90% y 100%.

Después se procedió a secar las muestras en una estufa (*Elconap*) a temperatura constante de 50 °C.



Foto N° 18: Proceso de secado de las muestras en estufa a 50 °C (*Elconap*).

Para aumentar la emisión secundaria de los electrones, y para prevenir la sobrecarga eléctrica del microscopio, se reviste el espécimen con una película delgada de un metal pesado, en este caso se utilizó oro. Por lo que para el recubrimiento con el metal se utilizó el evaporador de vacío (*Jeol jfc-120, fine coater*). Una vez que se adhieren las muestras sobre una cinta de carbón, se coloca sobre una platina de cobre y se procedió a realizar el método de sombreado. Se utilizó el oro como cátodo, durante 20 segundos. Una vez que las muestras estuvieron bañadas totalmente en oro se procedió al análisis en el microscopio electrónico de barrido.



Foto N° 19: Montaje en la platina de cobre con cinta adhesiva de carbón.

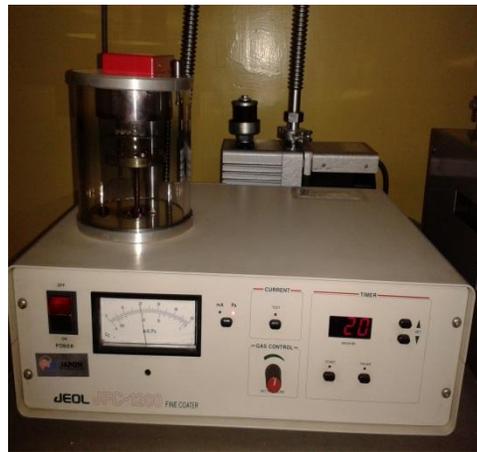


Foto N° 20: Evaporador al vacío (*Jeol jfc-120, fine coater*).



Foto N° 21 y 22: Revestimiento del espécimen con oro en el evaporador al vacío.



Foto N° 23: Revestimiento de las muestras con oro.

6.4.4 ANÁLISIS MICROSCOPICO

Se realizó la observación en microscopio electrónico de barrido (*Jeol JSM-5310*) del tercio apical (5 mm desde el ápice) con magnificación de 2000X. Para el rastreo de los túbulos dentinarios abiertos, se realizaron movimientos de la imagen del centro hacia afuera y se tomó una fotografía por cada espécimen, la cuales fueron almacenadas en la cámara digital Fujifilm. (Anexo # 3)



Foto N° 24: Microscopio electrónico de barrido, (*Jeol JSM-5310*)



Foto N° 25: Montaje de las muestras en el MEB.

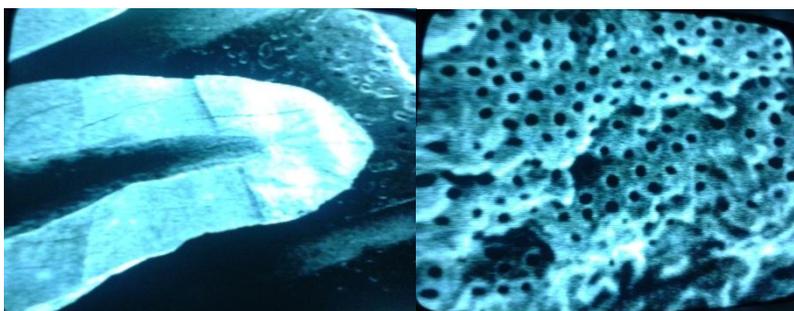


Foto N° 26: Imágenes al MEB con aumento de 15X y 2000X.

El criterio de evaluación de la habilidad de los irrigantes de remover barrillo dentinario de los conductos radiculares a nivel de tercio apical fueron examinadas mediante la observación de las fotografías en el programa Windows Live Foto Gallery por 2 examinadores diferentes al que realizó la investigación y sin conocer a qué grupo corresponde cada imagen. El observador examinó 2 veces diferentes las imágenes con un intervalo de 7 días y contó la cantidad de túbulos dentinarios abiertos, sin importar el diámetro del túbulo dentinario. De esta manera se obtendrá la proporción de la cantidad de túbulos dentinarios abiertos.

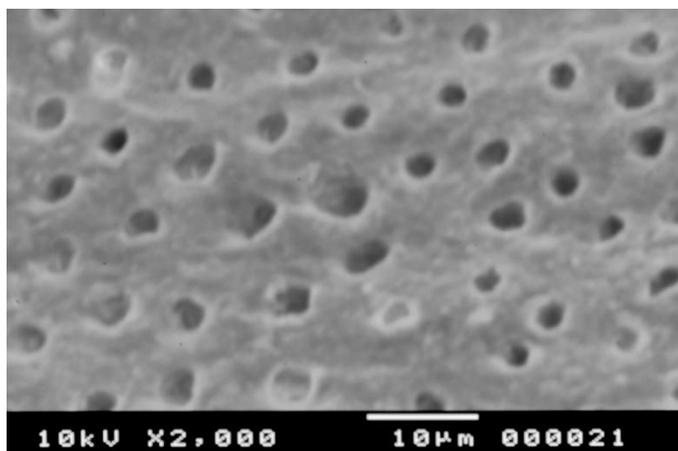


Foto N° 27: Imágenes al MEB con aumento de 2000X, el evaluador debe contar el número de túbulos dentinarios que observa abiertos.

Para el almacenamiento de los datos se utilizó una tabla en el programa Microsoft Excel 2010, en la cual se registraron los datos obtenidos del evaluador X y Y en el primer y segundo conteo de túbulos dentinarios abiertos. De esta manera se pudo procesar los datos y mediante el método estadístico ANOVA obtener los resultados.

En el anexo N° 4 se adjunta la aprobación del protocolo de investigación, del Comité de Bioética de la Universidad San Francisco de Quito.

7. RESULTADOS

Para obtener los resultados veinte y dos fotografías tomadas en el microscopio electrónico de barrido de los cuatro grupos experimentales, fueron evaluadas dos veces en orden aleatorio por dos observadores con un intervalo de siete días sin tener conocimiento de los resultados anteriores.

Las puntuaciones de los 4 grupos se representan en la tabla N° 2.

Puntuaciones de cada grupo experimental

	Evaluador X	Evaluador Y	Evaluador X	Evaluador Y
	Primer conteo	Primer conteo	Segundo conteo	Segundo Conteo
	# Túbulos dentinarios abiertos			
1 A	28	46	18	24
2 A	16	36	16	17
3 A	59	64	52	55
4 A	23	24	24	22
5 A	68	81	74	71
6 A	18	40	35	33
7 A	45	49	45	43
8 A	44	46	41	40
9 A	45	49	45	43
10 A	40	53	43	39
1 B	51	71	54	57
2 B	10	23	9	11
3 B	23	41	10	9
4 B	19	36	4	6
5 B	31	40	30	32
6 B	17	22	15	18
7 B	25	42	19	25
8 B	31	35	30	33
9 B	18	22	18	22
10 B	13	20	9	14
Control	0	0	2	2
Control +	49	55	48	50

Tabla N°2: Cantidad de túbulos dentinarios abiertos de los cuatro grupo experimentales contados por el evaluador X y Y.

Realizadas las dos observaciones por los dos evaluadores se tiene un total de 4 observaciones por muestra, para tener solo un valor se procedió a sacar el promedio de cada diente observado (Tabla N° 3).

Promedio de túbulos dentinarios abiertos

1 A	2 A	3 A	4 A	5 A	6 A	7 A	8 A	9 A	10 A
29,0	21,3	57,5	23,3	73,5	31,5	45,5	42,8	45,5	43,8
1 B	2 B	3 B	4 B	5 B	6 B	7 B	8 B	9 B	10 B
58,3	13,3	20,8	16,3	33,3	18,0	27,8	32,3	20,0	14,0
Control positivo		Control negativo							
50,5		1							

Tabla N° 3: Promedio de la cantidad de túbulos dentinarios abiertos de los cuatro grupos experimentales.

Para poder realizar el modelo estadístico ANOVA es necesario obtener un solo dato por irrigante, por lo que se calculó el promedio de túbulos dentinarios abiertos de cada irrigante. Y se realizó el análisis descriptivo del comportamiento de los datos obtenidos, como se muestra en la tabla N° 4.

Descripción estadística de los irrigantes

Compuesto	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Varianza	Error Estándar de la media
Ácido cítrico 10% 2ml	50,000	50,0	50,0	,0000	,000	,0000
Q-Mix	40,900	21,0	73,0	15,9335	253,878	5,0386
EDTA 17%	25,100	13,0	58,0	13,5438	183,433	4,2829
Total	38,667	13,0	73,0	15,6587	245,195	2,8589

Tabla N° 4: Descripción estadística de los irrigantes, Ac. Cítrico, Q-Mix, EDTA 17%.

Es importante analizar que el comportamiento del irrigante Q-Mix revela un promedio de túbulos dentinarios abiertos de 40,9. Siendo 21 la menor cantidad de túbulos dentinarios abiertos y 73 la mayor cantidad de túbulos dentinarios abiertos. _Mientras que para el EDTA 17%, se obtiene un promedio de túbulos dentinarios abiertos de 25,0; con un mínimo de 13 túbulos abiertos y un máximo de 58.

La tabla N° 5 permite analizar de manera conjunta los datos y establecer si existe homogeneidad o diferencia entre el efecto quelante del Q-MIX y Ac. cítrico y de igual manera entre EDTA 17% y Ac. cítrico.

Al comparar el promedio de túbulos dentinarios del Ac. cítrico con el promedio del Q-Mix se tiene una significancia de 0,229 esto demuestra que existe homogeneidad entre los resultados de estos dos irrigantes por lo tanto tienen diferencias estadísticamente no significativas. Mientras que al analizar la significancia entre Ac. cítrico 10% y EDTA 17% su valor es igual a 0,00 lo que quiere decir que existe diferencia significativa entre los resultados de los dos compuestos.

Subconjuntos Homogéneos (Tukey)

Compuesto	Muestra	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
EDTA 17% 2ml	10	25,1000	
Q-Mix 2 ml	10		40,9000
Ácido cítrico 10% 2ml	1		50,0000
Significancia		1,000	,229

Tabla N° 5: Subconjuntos Homogéneos (Tukey) para calcular la significancia estadística entre Ac. cítrico 10%, Q-Mix, y EDTA 17%.

Comparaciones Múltiples

(I) Compuesto	(J) Compuesto	Diferencia de Medias(I-J)	Error típico	Significancia	95% intervalo de confianza	
					Límite superior	Límite inferior
Q-Mix 2 ml	Ácido cítrico 10% 2ml	-9,10000	5,39945	,229	-22,4875	4,2875
	EDTA 17% 2ml	15.80000	5,39945	,018	2,4125	29,1875
EDTA 17% 2ml	Ácido cítrico 10% 2ml	-24.90000	5,39945	,000	-38,2875	-11,5125
	Q-Mix 2 ml	-15.80000	5,39945	,018	-29,1875	-2,4125

Tabla N° 6: Comparaciones Múltiples entre Q-Mix, EDTA 17% para calcular la su significancia estadística.

Mientras que al comparar los resultados entre Q-Mix y EDTA 17% se obtiene un valor de 0,018 de significancia estadística. Esto indica que los hallazgos no demuestran diferencias significativas entre el efecto quelante del Q-Mix, y el EDTA 17%.

En el grafico N° 1 se demuestra de manera gráfica lo que descrito anteriormente.

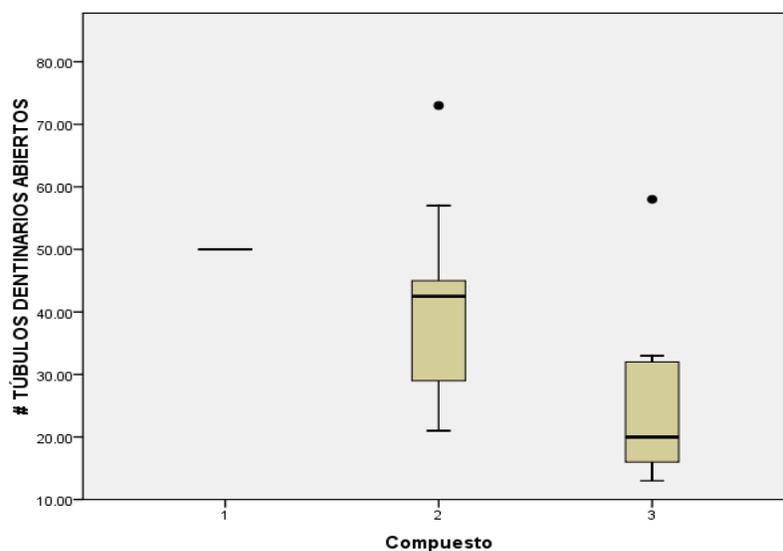


Gráfico N° 1: Gráfico de cajas que demuestra el comportamiento de 1. Ac. Cítrico 10% con un promedio de 50, túbulos abiertos, 2. Q-Mix, con promedio de 40,9 de túbulos abiertos y 3. EDTA 17% 25,1 de túbulos abiertos.

Por lo tanto porcentualmente se puede decir que la proporción de túbulos dentinarios abiertos fue de 82,7% para Q-Mix y 50,8% para el EDTA 17%. (Gráfico N° 2)

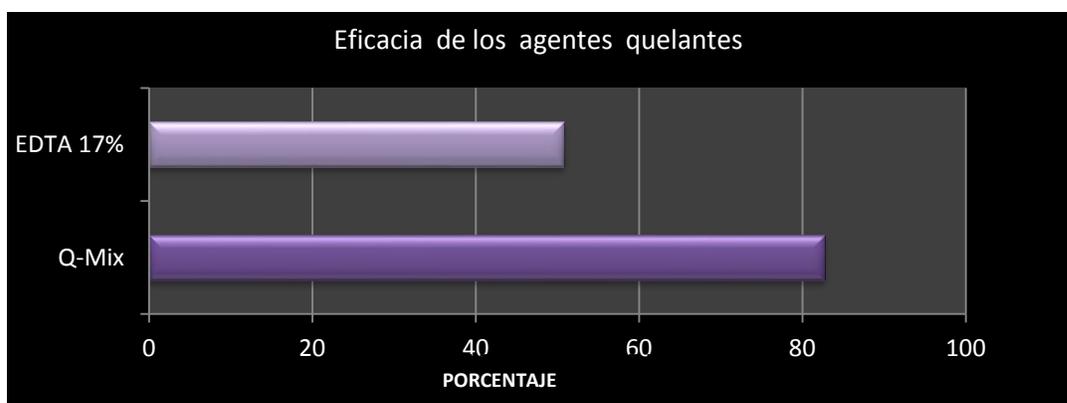


Gráfico N° 2: Barras estadísticas que demuestran porcentualmente la eficacia de Q-Mix 82,7% y EDTA 17% 50,8 %.

8. DISCUSIÓN

El presente estudio de laboratorio tuvo como propósito evaluar y comparar la capacidad de remoción de barrillo dentinario a nivel del tercio apical de Q-Mix y del EDTA 17%, utilizando irrigación ultrasónica pasiva. Para cumplir con los objetivos se realizó un diseño experimental in-vitro similar al que utilizó S. Stojicic, (2011). Con algunas diferencias en la metodología de la investigación.

Una diferencia fue el tiempo de aplicación de los irrigantes de un minuto a diferencia de los 5 minutos que utilizó S. Stojicic, en el 2011. Este cambio se decidió realizar debido a que investigaciones recientes realizadas por Weirong Tang et al. (2010) y por Emel Uzunoglu et al. 2012 demuestran que un minuto es tiempo suficiente para la remoción del barrillo dentinario y evitar causar erosión dentinaria provocada por tiempos prolongados en el uso del agente quelante.

Otra variante que se incorporó en el diseño de esta investigación fue la utilización de un dispositivo ultrasónico para realizar irrigación con activación ultrasónica pasiva. Ya que reportes actuales como los de Burleson et al. 2007, Lucas Van der Sluis 2009, Pablo Castelo-Baz 2012, muestran resultados notoriamente satisfactorios con la aplicación de esta tecnología en el protocolo final de irrigación para remover la capa de barrillo dentinario.

Para poder realizar la observación de los túbulos dentinarios con microscopia electrónica de barrido y obtener imágenes con mayor nitidez es necesario eliminar la humedad de las muestras dentales para lo cual se utilizó concentraciones crecientes de alcohol que deshidrató a los especímenes en poco tiempo. Sin embargo en diferentes estudios también se ha visto la efectividad del etanol para deshidratar al diente como las investigaciones realizadas por S. Stojicic, (2011) Gregory Caron (2010) Shehab El-Din Saber (2011). En contra parte a esto existen estudios similares como los de Sidney Ricardo (2007), Tina Rödig (2010), Pamela Ochoa (2011) que demuestran que no es necesario deshidratar a los especímenes para observar túbulos dentinarios.

Es importante también mencionar que en microscopia electrónica de barrido es necesario producir una emisión secundaria de electrones para evitar la sobrecarga eléctrica del microscopio. Por esta razón se revistió a los fragmentos dentarios con una película delgada de un metal pesado, en este caso el metal escogido fue oro siguiendo la metodología de algunos autores como Lea Assed Bezerra da Silva (2007) Daniela Mendoza (2007) S. Gregory Caron (2012), Shehab El-Din Saber (2011) Stojicic, (2011) M. Haapasalo (2011). Aunque un estudio previo realizado en un microscopio electrónico de barrido de nueva generación como el Quanta 400 utilizado en el estudio de Pamela Ochoa (2011) ha demostrado obtener imágenes de túbulos dentinarios sin recubrir el espécimen con un metal pesado. Sin embargo no se puede esperar una alta resolución de las imágenes fotográficas.

De igual manera, es importante para obtener resultados precisos realizar la estandarización tanto de las muestras escogidas como de las fotografías obtenidas durante la observación en el microscopio electrónico de barrido. Por esta razón se decidió tomar una fotografía con aumento de 2000X por muestra, siguiendo el mismo patrón de movimiento de la imagen en busca de túbulos dentinarios abiertos. Stojicic, (2011) realizó el mismo patrón de estandarización de imágenes con el mismo aumento obteniendo nueve fotografías de diferentes áreas del diente. Sin embargo, independientemente de cuantas imágenes se obtengan por espécimen lo importante es que se estandaricen las fotografías con un aumento que se logra observar los túbulos dentinarios sin causar distorsión de la imagen.

Además el diseño de esta investigación con el objetivo de eliminar la subjetividad de los evaluadores en la interpretación de los resultados se decidió realizar el conteo de los túbulos dentinarios abiertos por dos examinadores dos veces diferentes con un intervalo de tiempo de 7 días cambiando la secuencia de las imágenes y sin conocer los resultados obtenidos previamente. Este método de evaluación marca una gran diferencia entre el método de evaluación convencional mediante la calificación con valores de 1, 2, 3 y 4 o nada, poco, moderado, o abundante cantidad de barrillo dentinario respectivamente, método que se ha realizado durante algunos años en varios estudios como el de José Eduardo Cezar Sampaio (2005) Sidney Ricardo Dotto (2007), Daniela Mendoza (2007) Lea Assed Bezerra da Silva (2008), Lin Dai (2011), KK Wadhvani (2011),), Pamela Ochoa (2011).

Sin embargo, este método de evaluación no es 100% objetivo ya que al realizar la observación por dos evaluadores diferentes la subjetividad de determinar que un túbulo dentinario está abierto queda al criterio del evaluador, lo que puede causar cierta dispersión de los datos sobre todo en las imágenes 1ª y 1B.

Al igual que en el estudio realizado por Stojicic, (2011) se utilizó el diseño estadístico ANOVA ya que es una de las fórmulas más utilizadas en los análisis de datos en los diseños experimentales, puesto que se puede sacar la varianza de dos o más variables, para obtener la significancia de los resultados con un intervalo de confianza del 95%.

En este estudio para poder comprobar la hipótesis propuesta se utilizó un grupo control positivo que fue una muestra irrigada con Ac. cítrico al 10% con activación ultrasónica pasiva durante 1 minuto. El motivo de incorporar un control positivo se debe a que se puede comparar cuál de los grupos (Q-Mix) y (EDTA 17%) tiene el resultado más parecido al efecto deseado, es decir, abrir túbulos dentinarios. Contrario a este estudio autores como Dai et al. (2011) y S. Stojicic et al (2011) prefirieron no utilizar un control positivo y únicamente comparan los resultados del irrigante Q-Mix con el control negativo que es el que no tiene ningún efecto sobre el barrillo dentinario y puede ser una de las razones por la que se obtienen resultados estadísticamente diferentes.

Además al utilizar diez muestras irrigadas con Q-Mix y diez con EDTA 17% a pesar de ser una muestra pequeña nos permite tener resultados estadísticamente estables y reproducibles como en el estudio de Dai et al. (2011). Y más significativos y

apegados a la realidad en comparación a 3 dientes que se utilizaron en el estudio de S. Stojcic et al (2011)

El análisis estadístico ANOVA necesita obtener un solo dato, siendo necesario obtener el promedio de túbulos dentinarios abiertos de las diez muestras de cada grupo Q-Mix y EDTA 17%. Y se observó que la acción quelante de Q-Mix es mejor en comparación con EDTA al 17%, ya que los resultados dictaminan que Q-Mix tiene un promedio de 40 túbulos dentinarios abiertos después de haber sido utilizado durante 1 minuto con activación ultrasónica pasiva, mientras que el EDTA 17% solo tiene la capacidad de abrir 25 túbulos dentinarios con el mismo método de aplicación.

Porcentualmente se puede decir que el Q-Mix es 82,7% efectivo mientras que el EDTA 17% solamente llega alcanzar el 50,8% de efectividad. Estos hallazgos son equivalentes a los encontrados S. Stojcic et al. (2011) en el cual obtiene una efectividad del Q-Mix del 77 %. Se puede pensar que debido a que en la presente investigación se utilizó activación ultrasónica pasiva se logró aumentar la eficacia del irrigante Q-Mix ya que se obtuvo un resultado con mayor porcentaje de efectividad en menor tiempo de aplicación del irrigante.

Sin embargo, al analizar el grado de significancia de los resultados entre Q-Mix y EDTA 17% se obtiene un valor de 0,018. Lo que quiere decir que es una diferencia significativa entre el efecto quelante de ambas sustancias. Sin embargo, ambas sustancias son capaces de remover el barrillo dentinario del tercio apical. Este estudio presenta cierta igualdad con los resultados de S. Stojcic et al. (2011) que concluyeron que la relación de túbulos dentinarios abiertos con Q-Mix fue de 0,88

mientras que para el EDTA fue de 0,85. De igual manera Dai et al. (2011) quien reportó que el Q-Mix es igual de efectivo que el EDTA 17% en la remoción de barrillo dentinario en los tres tercios radiculares y que no existen diferencias significativas en la remoción del barrillo dentinario entre Q-Mix y EDTA 17%.

Durante varias décadas se ha intentado diseñar un solo irrigante ideal que proporcione la eficacia y características de los irrigantes más comúnmente utilizados en endodoncia como el hipoclorito de sodio, clorhexidina y ácido etildiaminotetraacético que proporcione la eliminación de material orgánico e inorgánico sin causar efectos colaterales o la pérdida de la eficacia entre ellos. Actualmente el nuevo irrigante Q-Mix proporciona desinfección e eliminación de barrillo dentinario en una sola irrigación final, teniendo resultados exitosos como los encontrados en este estudio e investigaciones de S. Stojicic et al, y Lin Dai et al.

Además Q-Mix utilizado según las recomendaciones de su fabricante a pesar de tener en su composición clorhexidina al 2% se observó que no causó formación de precipitado de paracloroanilina o pigmentaciones color marrón al ser utilizado como irrigante final después de haber usado hipoclorito de sodio durante toda la etapa de instrumentación, eliminando el riesgo mutagénico que ha demostrado tener la paracoloroanilina. Bettina Basrani (2010).

De igual manera se evita las pigmentaciones de los dientes como ocurre al usar MTAD que a causa del antibiótico producía cambio en la coloración de la dentina. Marcuk Haapasalo (2011)

Por lo que la hipótesis planteada al inicio de la investigación al decir que la sustancia irrigadora Q-mix es mejor que el compuesto EDTA al 17% en la eliminación del barrillo dentinario en el tercio apical utilizando activación ultrasónica pasiva por 1 minuto puede ser aceptada.

9. CONCLUSIÓN

Una vez analizados los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta investigación se puede concluir que:

- El efecto quelante del Q-Mix demuestra ser mejor en comparación con el EDTA 17% al ser utilizados con activación ultrasónica pasiva durante 1 minuto, ya que elimina mayor cantidad de barrillo dentinario abriendo más cantidad de túbulos dentinarios en el tercio apical.
- Al ser irrigante Q-Mix el que demostró mayor cantidad de túbulos dentinarios abiertos, se puede concluir que al tener en su composición un agente tensioactivo disminuye la tensión superficial del Q-Mix favoreciendo a que el irrigante pueda llegar más fácilmente a lugar de difícil acceso como es el tercio apical para cumplir su función.
- Al utilizar Q-Mix en el protocolo final de irrigación no existen pigmentaciones o formación de precipitado.

10. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda el uso de Q-Mix como protocolo final de irrigación, siempre y cuando se realice irrigación con NaOCl al 5% durante la fase de instrumentación y se utilice suero fisiológico como irrigante intermedio entre NaOCl y Q-Mix.

Se recomienda utilizar los agentes quelantes durante un minuto con activación ultrasónica pasiva, ya que se comprobó bajo observación en microscopia electrónica que es un tiempo suficiente para eliminar el barrillo dentinario y dejar los túbulos dentinarios abiertos en el tercio apical.

Para futuras investigaciones se recomienda comprobar la eficacia antibacteriana del Q-Mix, y realizar observaciones con microscopia electrónica de barrido para comprobar que el uso de Q-mix en el protocolo final de irrigación evita la erosión como asegura su fabricante.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Louis H. Berman/Gary R. Hartwell. *Diagnóstico*. En: Stephen Cohen/Kenneth M. Hargreaves. *Vías de la pulpa*. 9ª Edición. España: Elsevier Mosby; 2008. p.2.
2. Mohamoud Torabinajad. *Endodoncia, Principios y Práctica*. 4ta edición. Elsevier. Pag 259.
3. Ilson Jose Soares. *Endodoncia Técnica y fundamentos*. 2da edición. Panamericana. Pag. 127- 13.
4. Sandra Mozo. *Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions*. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. (2011), doi:10.4317/medoral.172621
5. Guuner, Bergenholtz, et al. *Endodoncia: diagnóstico y tratamiento de la pulpa*. Editorial Manual Moderno. Primera Edición. México. 2007. Pag. 164,165.
6. Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. *Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use*. Review. Int Endod J 2003; 36:810-30.
7. Ingle, John Ide, et al. *Endodoncia*. McGraw-Hill Interamericana. Cuarta Edición. Maryland-USA. 1994. Pag. 187-189, 714-715.
8. Gutman, James L. *Solución de problemas en Endodoncia*. Editorial Elseiver. Cuarta Edición. Madrid-España. 2007. Pag. 143-153.
9. Walton, Richiard E., et al. *Endodoncia: Principios y Práctica*. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Segunda Edición. México D-F. 1997. Pag. 227-229, 341-343.
10. D. M. Z. Guerisoli¹. *Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation*. International Endodontic Journal, 35, 418–421, 2002.

11. Andre Augusto Franco Marques. *Smear Layer Removal and Chelated Calcium Ion Quantification of Three Irrigating Solutions*. Braz Dent J 17(4) 2006.
12. Dr. Ismael Yévenes. *Desmineralización de Premolares con Soluciones de EDTA a Diferentes pH de Incubación*. Revista Dental de Chile. 2002; 93 (1): 17 – 20.
13. Manuele Mancini. *A Comparative Study of Smear Layer Removal and Erosion in Apical Intraradicular Dentine With Three Irrigating Solutions: A Scanning Electron Microscopy Evaluation*. JOE — Volume 35, Number 6, June 2009.
14. De-Deus G. *Real-time atomic force microscopy of root dentine during demineralization when subjected to chelating agents*. Int Endod J 2006; 39:683-92
15. Parmar. *Demineralising effect of EDTA at different concentration and pH - A spectrophotometer study*. Endodontology, Vol. 16, 2004.
16. Lui Jeen-Nee, Hong-Guan Kuah, and Nah-Nah Chen. *Effect of EDTA with and without Surfactants or Ultrasonics on Removal of Smear Layer*. J Endod, 2007
17. Rubin Gutarts. *In Vivo Debridement Efficacy of Ultrasonic Irrigation Following Hand-Rotary Instrumentation in Human Mandibular Molars*. JOE—Volume 31, Number 3, March 2005
18. Aaron Burlison. *The In Vivo Evaluation of Hand/Rotary/Ultrasound Instrumentation in Necrotic, Human Mandibular Molars*. JOE—Volume 33, Number 7, July 2007.
19. Cesar de Gregorio. *Effect of EDTA, Sonic, and Ultrasonic Activation on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals: An In Vitro Study*. JOE — Volume 35, Number 6, June 2009
20. Pablo Castelo-BazIn. *Vitro Comparison of Passive and Continuous Ultrasonic Irrigation in Simulated Lateral Canals of Extracted Teeth*. JOE — Volume 38, Number 5, May 2012.

21. *Lea Assed Bezerra da Silva. Scanning Electron Microscopic Preliminary Study of the Efficacy of SmearClear and EDTA for Smear Layer Removal after Root Canal Instrumentation in Permanent Teeth. JOE — Volume 34, Number 12, December 2008.*
22. *Markus Haapasalo. Solution for final irrigation and disinfection of the root canal. Endo in your Practice. Abril 2011.*
23. *S. Stojicic. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMix. International Endodontic Journal. Oct 2011.*
24. *U. Sjögren. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. International Endodontic Journal Volume 30, Issue 5, pages 297–306, September 1997.*
25. *American Association of Endodontists' Glossary of Endodontic Terms. 2012.*
26. *Norberto Juárez Broom. Filosofía del tratamiento en la preparación de conductos radiculares. Med Oral, Vol.III, julio-septiembre 2001, No. 3, pág. 138-143.*
27. *Ilan Rotstein. Endodontic Treatment Outcome: Survey of Oral Health Care Professionals. JOE — Volume 32, Number 5, May 2006.*
28. *Dra. Cynthia C. Sankarsingh Morillo. Determinación de Exito y Fracaso en el Tratamiento de Conductos. 2003*
29. *American Association of Endodontists. Endodontic Colleagues for Excellence. Root Canal Irrigants and Disinfectants. Winter 2011*
30. *Eduardo de Lima Machado. Endodoncia de la biología a la técnica. Primera Edición. Amolca, 2009 pag;254*
31. *R. Nageswar Rao. Advanced Endodontics. Jp Medical Pub, Dec 30, 2008 Pag 133.*

32. Ilson Jose Soares. *Endodoncia Técnica y fundamentos*. 2da edición. Panamericana. Pag. 127- 13.
33. Carlos canalda *Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas*. Segunda Edición. Masson 2006. Pág.: 190
34. K Gulabivala. *The fluid mechanics of root canal irrigation*. Physiological Measurement Volume 31 Number 12. 2010 .
35. Dr. Siju Jacob. Root Canal Irrigation. Famdent Practical Dentistry Handbook. Vol. 6 Issue 4 April - June 2006.
36. Gary Glassman. *Considerations in Endodontic Irrigation. The academy of dental. Therapeutics and Stomomatology*. January 2011.
37. Paul A. Rosenberg. *Identify the Endodontic Treatment Modalities. JOE — Volume 35, Number 12, December 2009*
38. Carlos Estrela. *Ciencia endodóntica*. Editora Artes Medicas, 2009. Vol 1. Pag: 425.
39. Mario Roberto Leonardo. *Endodoncia Tratamiento de conductos radiculares. Principios Técnicos y Biológicos*. Latinoamericana. Volumen 1 2005. Pág: 440
40. Matthias Zehnder. *Root Canal Irrigants. JOE — Volume 32, Number 5, May 2006*.
41. Joseph Dutner. Irrigation Trends among American Association of Endodontists Members: A Web-based Survey. JOE — Volume 38, Number 1, January 2012
42. Sonja Stojicic. Tissue Dissolution by Sodium Hypochlorite: *Effect of Concentration, Temperature, Agitation, and Surfactant*. JOE — Volume 36, Number 9, September 2010

43. Ling Zou. *Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin*. JOE — Volume 36, Number 5, May 2010.
44. Kai Zhang. *Effects of Different Exposure Times and Concentrations of Sodium Hypochlorite/Ethylenediaminetetraacetic Acid on the Structural Integrity of Mineralized Dentin*. JOE — Volume 36, Number 1, January 2010.
45. Carlos Estrela. *Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite*. *Braz Dent J* (2002) 13(2): 113-117.
46. Ikhlas El Karim. *The antimicrobial effects of root canal irrigation and medication*. OOOE. Vol. 103 No. 4 April 2007.
47. José F. Siqueira. *Strategies to Treat Infected Root Canals*. Journal of the California Dental Association. 2001.
48. Holger Jungbluth. *Stabilizing Sodium Hypochlorite at High pH: Effects on Soft Tissue and Dentin*. JOE — Volume 37, Number 5, May 2011.
49. Sirtes G, *The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy*. J Endod 2005;31:669 –71.
50. Gianluca Gambarini. *Chemical Stability of Heated Sodium Hypochlorite Endodontic Irrigants*. VOL. 24, NO. 6, JUNE 1998.
51. Bonnie Retamozo. *Minimum Contact Time and Concentration of Sodium Hypochlorite Required to Eliminate Enterococcus Faecalis*. JOE — Volume 36, Number 3, March 2010.
52. Mahmoud Torabinejad. *Endodontia Principios y Practica*. 4ta edición. Elsevier. Pag.265.
53. Ilson Jose Soares. *Endodoncia Técnica y fundamentos*. 2da edición. Panamericana. Pag. 131.

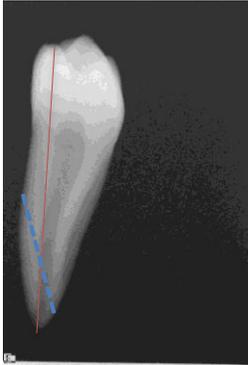
54. Dr. Ismael Yévenes. *Desmineralización de Premolares con Soluciones de EDTA a Diferentes pH de Incubación*. Revista Dental de Chile. 2002; 93 (1): 17 – 20.
55. María Mercedes Azuero Holguín. *Quelantes*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de odontología. Postgrado de endodoncia.
56. Parmar. *Demineralising effect of EDTA at different concentration and pH - A spectrophotometer study*. Endodontology, Vol. 16, 2004.
57. De-Deus G. *Real-time atomic force microscopy of root dentine during demineralization when subjected to chelating agents*. Int Endod J 2006; 39:683-92.
58. Simone Maria Galvão de Sousa. *Demineralization effect of EDTA, EGTA, CDTA and citric acid on root dentin: a comparative study*. Braz Oral Res 2005;19(3):188-92.
59. Simone Maria Galvão de Sousa. *Biocompatibility of EDTA, EGTA and Citric Acid*. Braz Dent J (2005) 16(1): 3-8.
60. Ismael Yévenes L. *Comparación de la Capacidad Desmineralizante de Glyde® y Gel de EDTA sobre la Estructura Dentaria*. Revista Dental de Chile. 2006; 97 (2): 3-6.
61. Sandeep Singh. *“Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC, RC-Prep and BioPure MTAD on the microhardness of root canal dentine- An in vitro study.”* Endodontology.
62. Ismael Yévenes L. *Comparación de la Capacidad Desmineralizante de Glyde® y Gel de EDTA sobre la Estructura Dentaria*. Revista Dental de Chile. 2006; 97 (2): 3-6.
63. Ismael Yévenes. *Desmineralización de Premolares con Soluciones de EDTA a Diferentes pH de Incubación*. Revista Dental de Chile. 2002; 93 (1): 17 – 20.

64. A. Khademi. *The Effect of EDTA and Citric Acid on Smear Layer Removal of Mesial Canals of First Mandibular Molars, A Scanning Electron Microscopic Study*. Journal of Research in Medical Sciences 2004; 2: 80-88.
65. Karina Imaculada Rosa Teixeira. *Estado actual de la indicación de antimicrobianos para la medicación intracanal*. Acto Odontológica Venezonala. Volumen 43 nº 2 / 2005.
66. Daniel E. García. *Uso del Acido EtilendiaminoTetraacético (EDTA) en la Terapia Endodóntica*. Bóveda C. *Endodoncia.com*
67. María Daniela Mendoza. *Estudio Comparativo in vitro de remocion de barrillo dentinario en conductos radiculares instrumentados con tecnica Protaper con MTAD y EDTA 17%*. Tesis de grado USFQ. 2008.
68. Torabinejad M. *A new solution for the removal of the smear layer*. Joe — vol. 29, No. 3, March 2003.
69. Zhongchun Tong. *In Vitro Evaluation of the Antibacterial Activities of MTAD in Combination with Nisin against Enterococcus faecalis*. JOE — Volume 37, Number 8, August 2011.
70. Zhongchun Tong. *In Vitro Evaluation of MTAD and Nisin in Combination against Common Pathogens Associated with Root Canal Infection*. JOE — Volume 38, Number 4, April 2012.
71. Jeen-Nee Lui. *Effect of EDTA with and without Surfactants or Ultrasonics on Removal of Smear Layer*. JOE—Volume 33, Number 4, April 2007.
72. Ligeng Wu. *Comparison of the Effect of Four Decalcifying Agents Combined with 60_C 3% Sodium Hypochlorite on Smear Layer Removal*. JOE — Volume 38, Number 3, March 2012.
73. Jogikalmat Krithikadatta. *Disinfection of Dentinal Tubules with 2% Chlorhexidine, 2% Metronidazole, Bioactive Glass when Compared with Calcium Hydroxide as Intracanal Medicaments*. JOE — Volume 33, Number 12, December 2007.

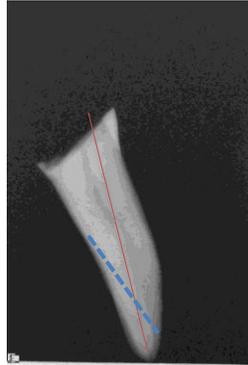
74. Markus Haapasalo. *Solution for final irrigation and disinfection of the root canal*. www.dentaleconomics.com. April 2011.
75. Aldo E. del Carpio-Perochena. *Biofilm Dissolution and Cleaning Ability of Different Irrigant Solutions on Intraorally Infected Dentin*. JOE — Volume 37, Number 8, August 2011
76. S. Stojcic. *Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX*. International Endodontic Journal. October 2011.
77. Lin Dai. *The Effect of QMix, an Experimental Antibacterial Root Canal Irrigant, on Removal of Canal Wall Smear Layer and Debris*. JOE — Volume 37, Number 1, January 2011.
78. Isabel Mello. *Influence of Final Rinse Technique on Ability of Ethylenediaminetetraacetic Acid of Removing Smear Layer*. JOE — Volume 36, Number 3, March 2010.
79. Ayce Unverdi Eldeniz. *Effect of EDTA and Citric Acid Solutions on the Microhardness and the Roughness of Human Root Canal Dentin*. JOE — Volume 31, Number 2, February 2005.
80. Weirong Tang. *Identifying and Reducing Risks for Potential Fractures in Endodontically Treated Teeth*. JOE — Volume 36, Number 4, April 2010.
81. Emel Uzunoglu. *Effect of Ethylenediaminetetraacetic Acid on Root Fracture with Respect to Concentration at Different Time Exposures*. JOE — Volume 38, Number 8, August 2012.
82. Jean-Louis Salager. *Surfactantes Cationicos*. Universidad de los Andes. Cuaderno FIRP # 304PP. Mérida-Venezuela (2004).
83. Claudio Poggio. *Decalcifying Effect of Different Ethylenediaminetetraacetic Acid Irrigating Solutions and Tetraclean on Root Canal Dentin*. JOE — Volume 38, Number 9, September 2012.

84. Raffaele Paragliola. *Comparison of smear layer removal using four final-rinse protocols*. International dentistry – african edition vol. 1, no. 4
85. F. G. Pappen. *In vitro antibacterial action of Tetraclean, MTAD and five experimental irrigation solutions*. International Endodontic Journal, 43, 528–535, 2010.
86. Luciano Giardino. *Comparative Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Sodium Hypochlorite, MTAD, and Tetraclean Against Enterococcus faecalis Biofilm*. JOE — Volume xx, Number x, Month 2007.
87. W. Niu. *A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions*. International Endodontic Journal, 35, 934–939, 2002.
88. Wei Qian, *Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion*. JOE — Volume 37, Number 10, October 2011
89. L. W. M. van der Sluis. *Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literatura*. International Endodontic Journal, 40, 415–426, 2007
90. Gianluca Plotino. *Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature*. JOE — Volume 33, Number 2, February 2007.
91. Lucas van der Sluis. *Comparison of 2 flushing methods used during passive ultrasonic irrigation of the root canal*. Quintessence international volume 40 • number 10 • november/december 2009.
92. Pablo Castelo-Baz, DDS. *In Vitro Comparison of Passive and Continuous Ultrasonic Irrigation in Simulated Lateral Canals of Extracted Teeth*. JOE 2012.

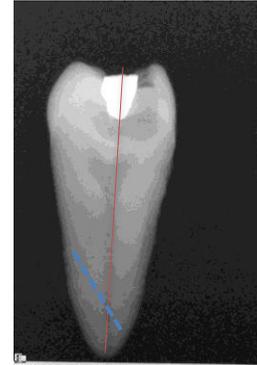
ANEXO # 1



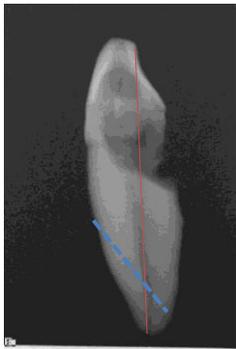
1



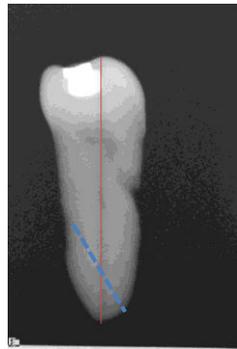
#2



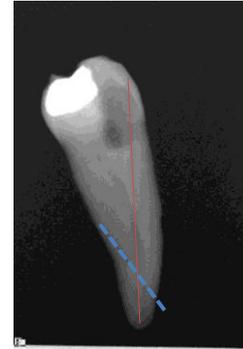
#3



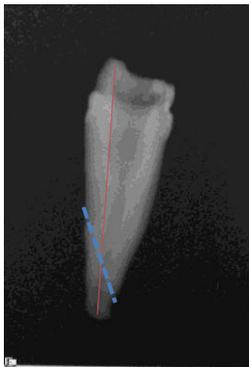
4



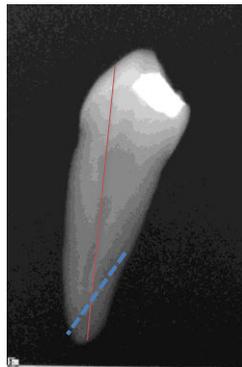
#5



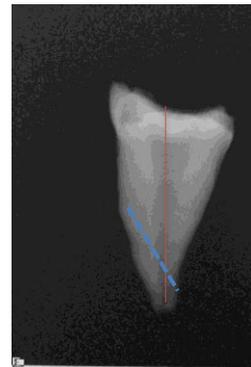
#6



7

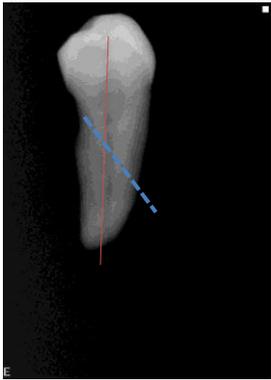


#8

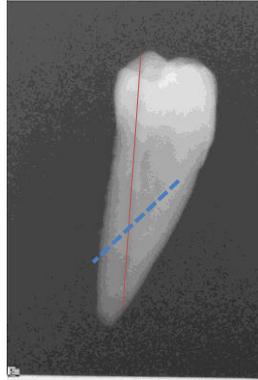


9

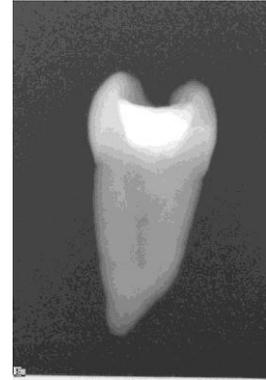




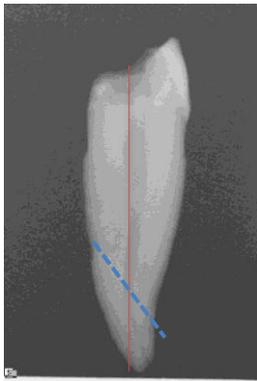
10



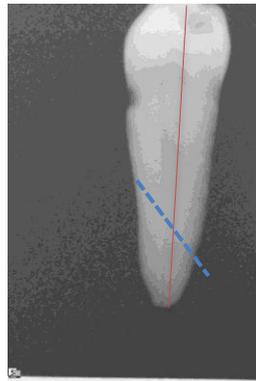
#11



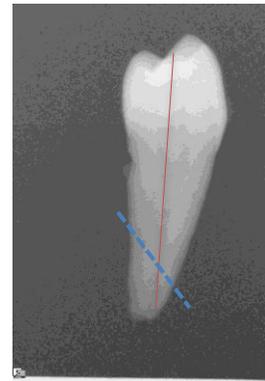
#12



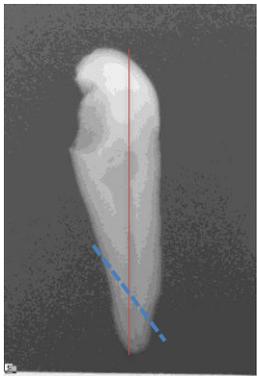
13



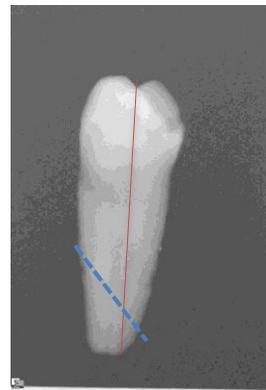
#14



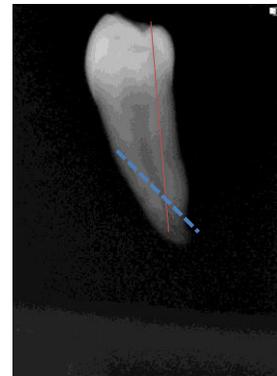
#15



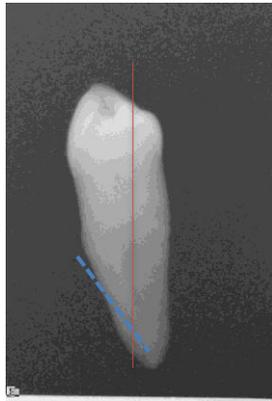
16



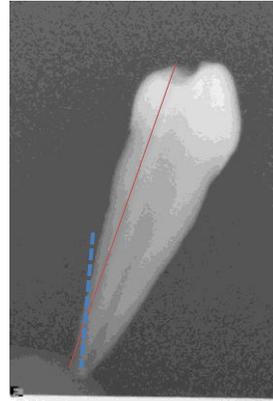
#17



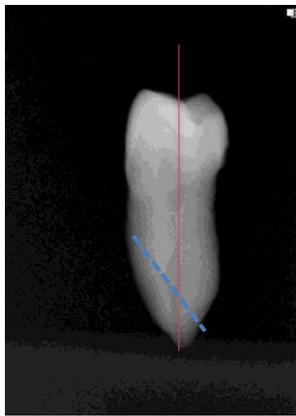
#18



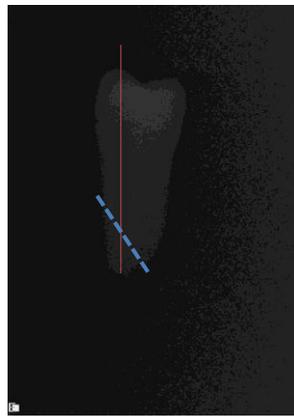
19



#20



21

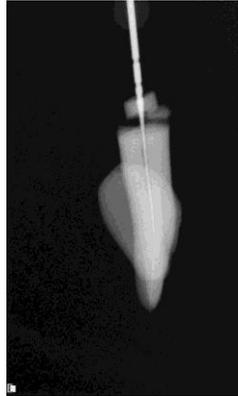


#22

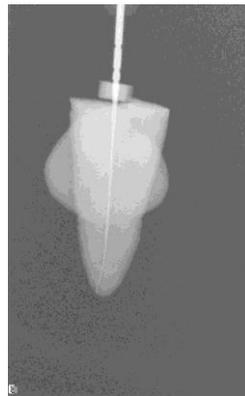
ANEXO # 2



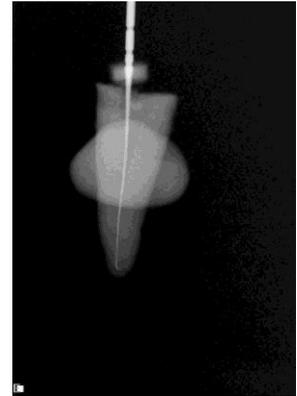
1 "A"



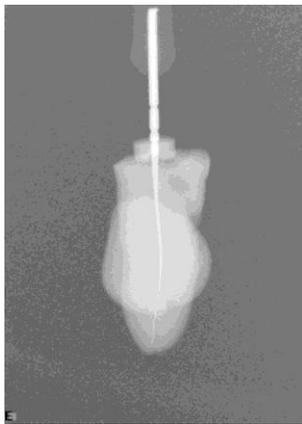
2 "A"



3 "A"



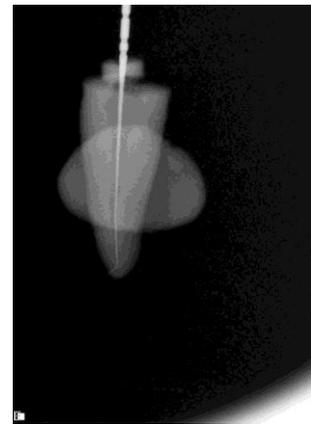
4 "A"



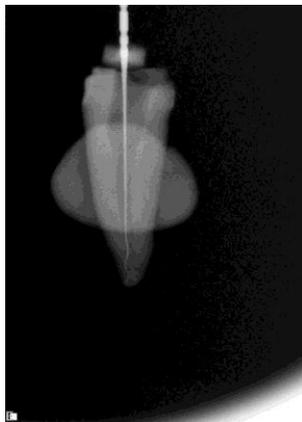
5 "A"



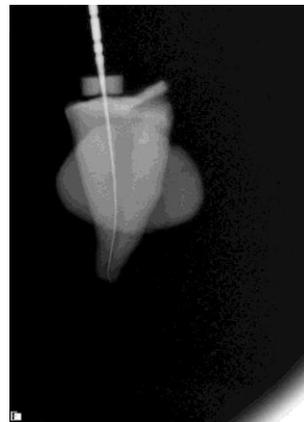
6 "A"



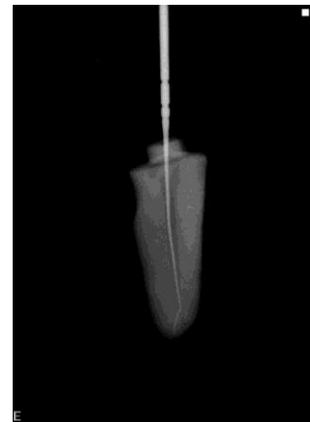
7 "A"



8 "A"



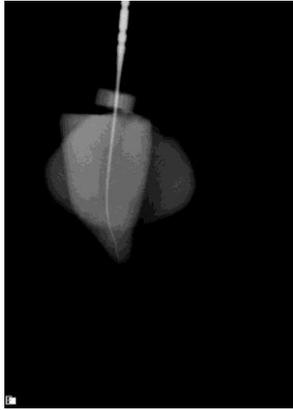
9 "A"



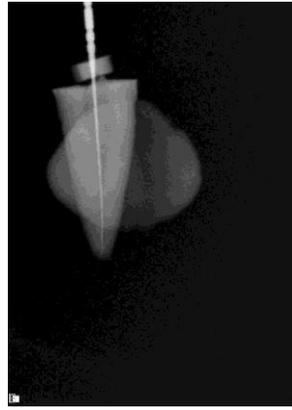
10 "A"



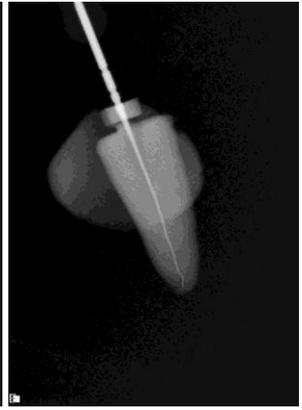
1 "B"



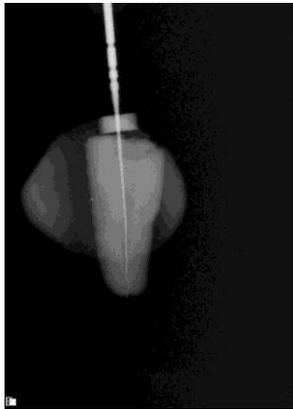
2 "B"



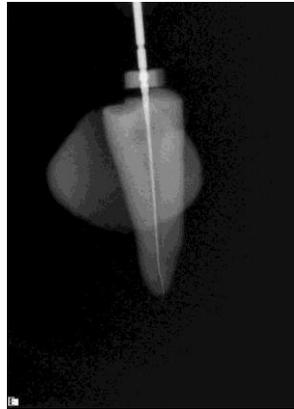
3 "B"



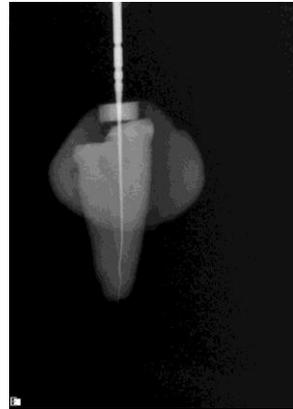
4 "B"



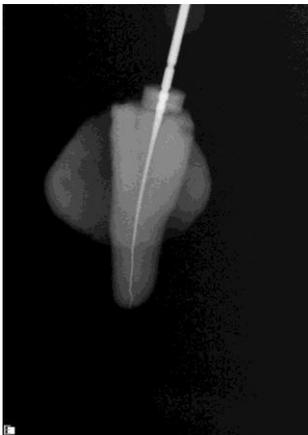
5 "B"



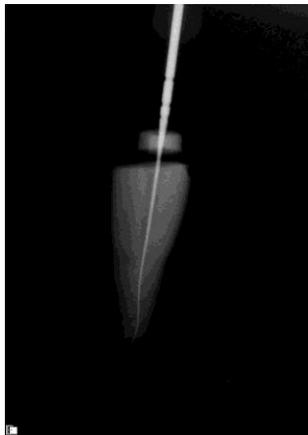
6 "B"



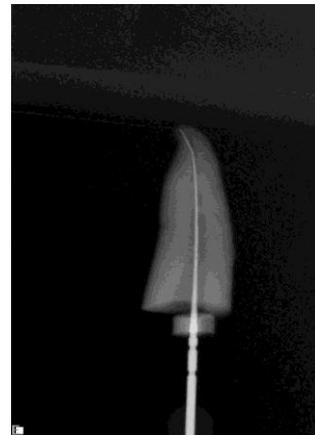
7 "B"



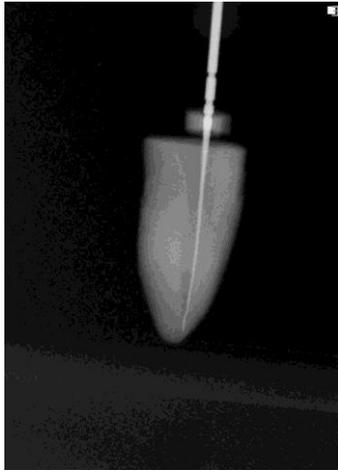
8 "B"



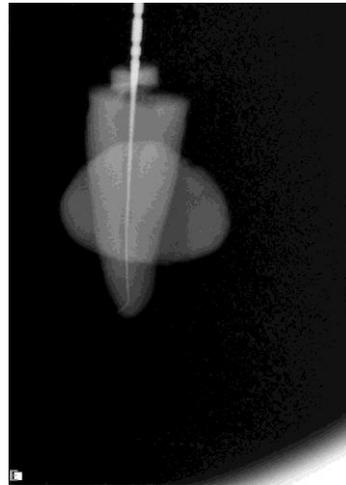
9 "B"



10 "B"

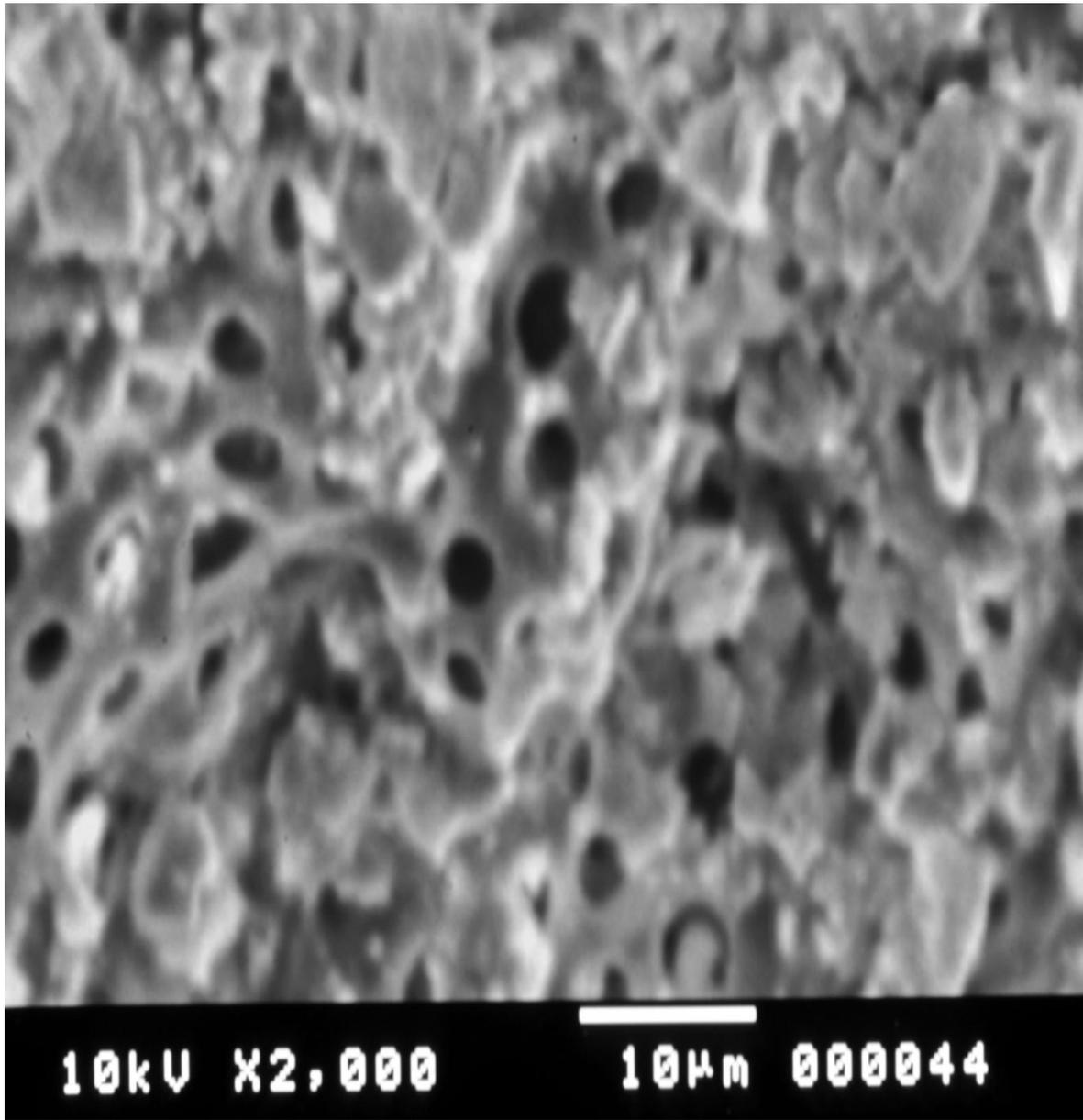


CONTROL POSITIVO

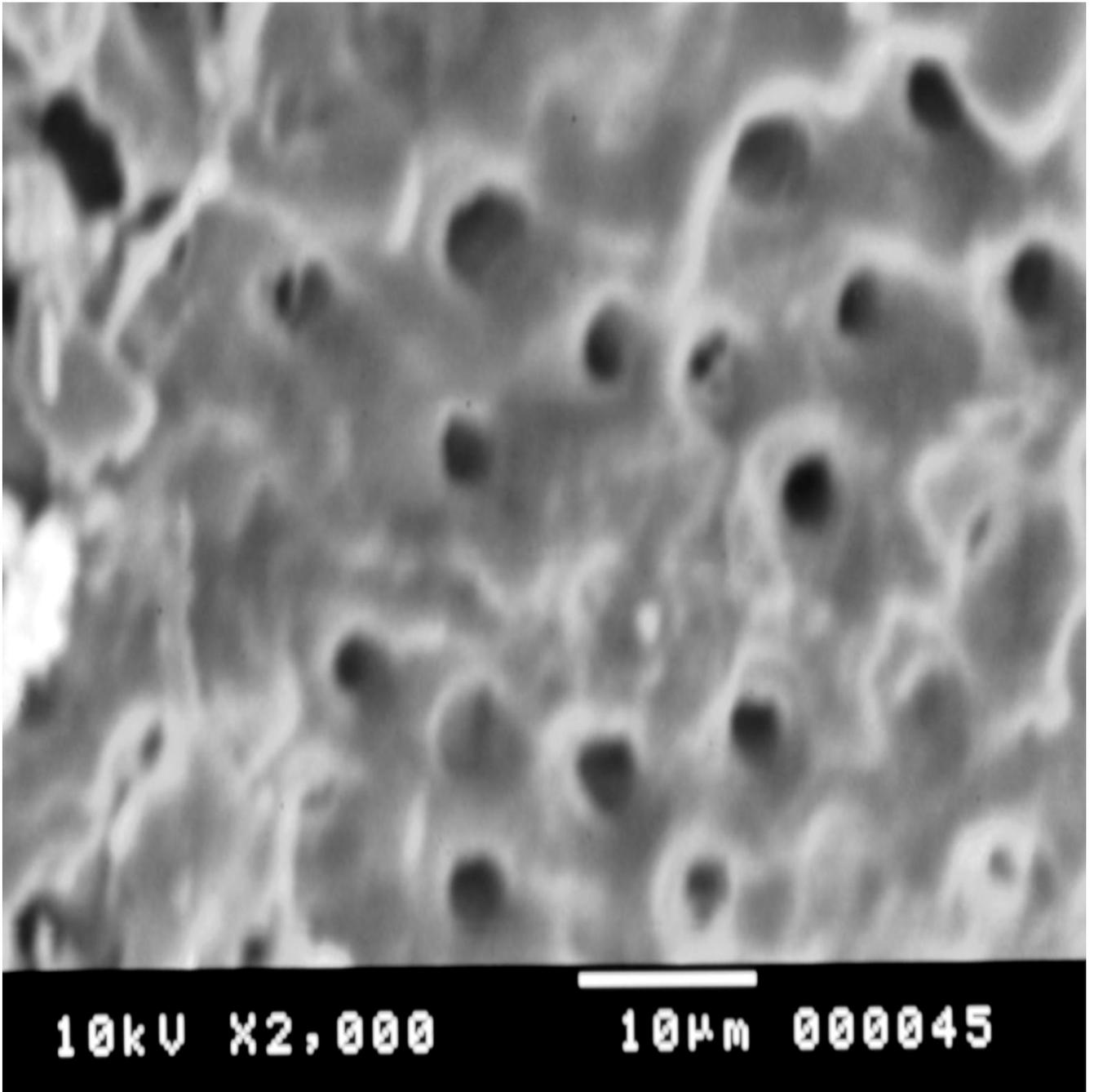


CONTROL NEGATIVO

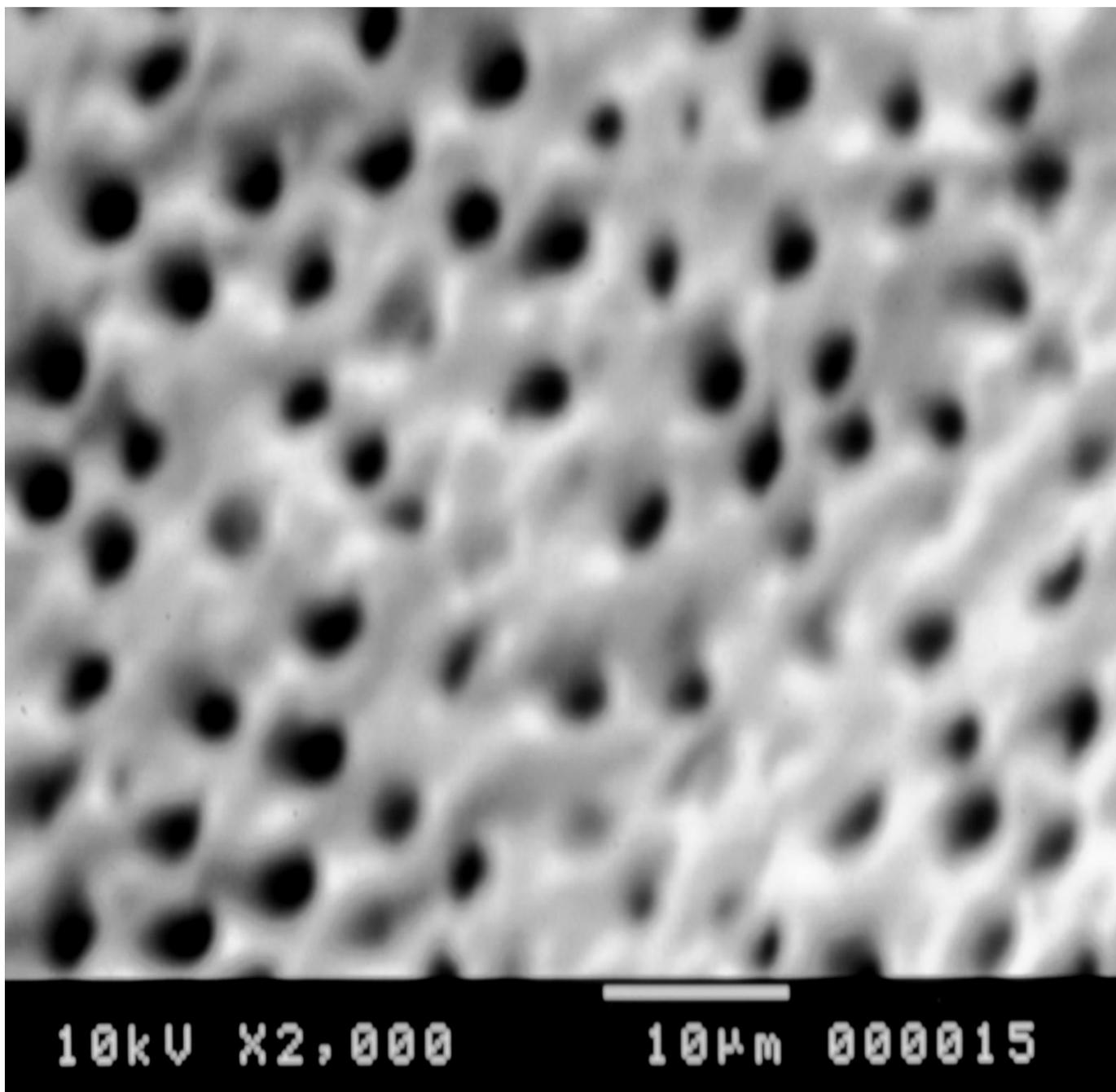
ANEXO # 3



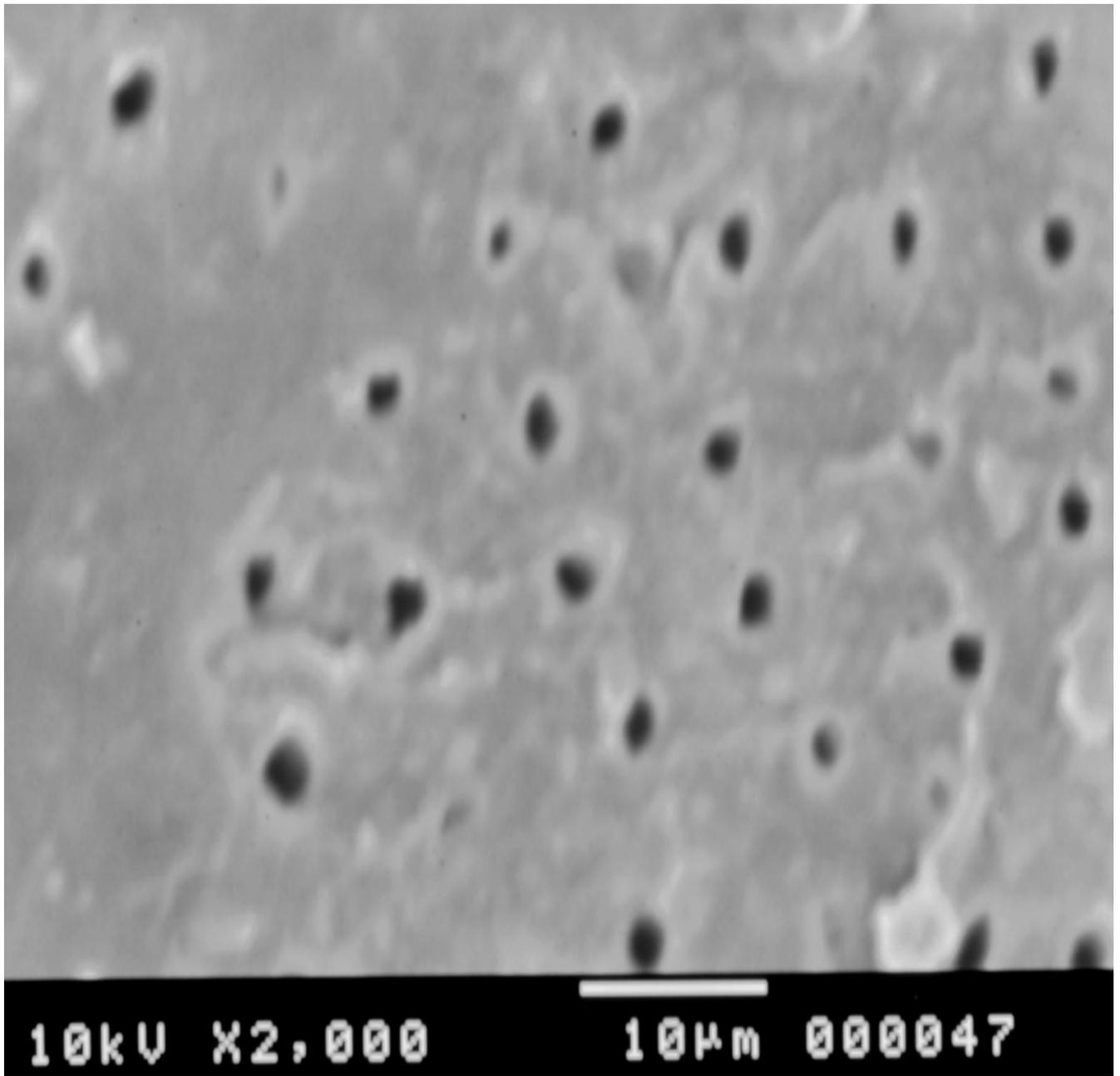
1 A



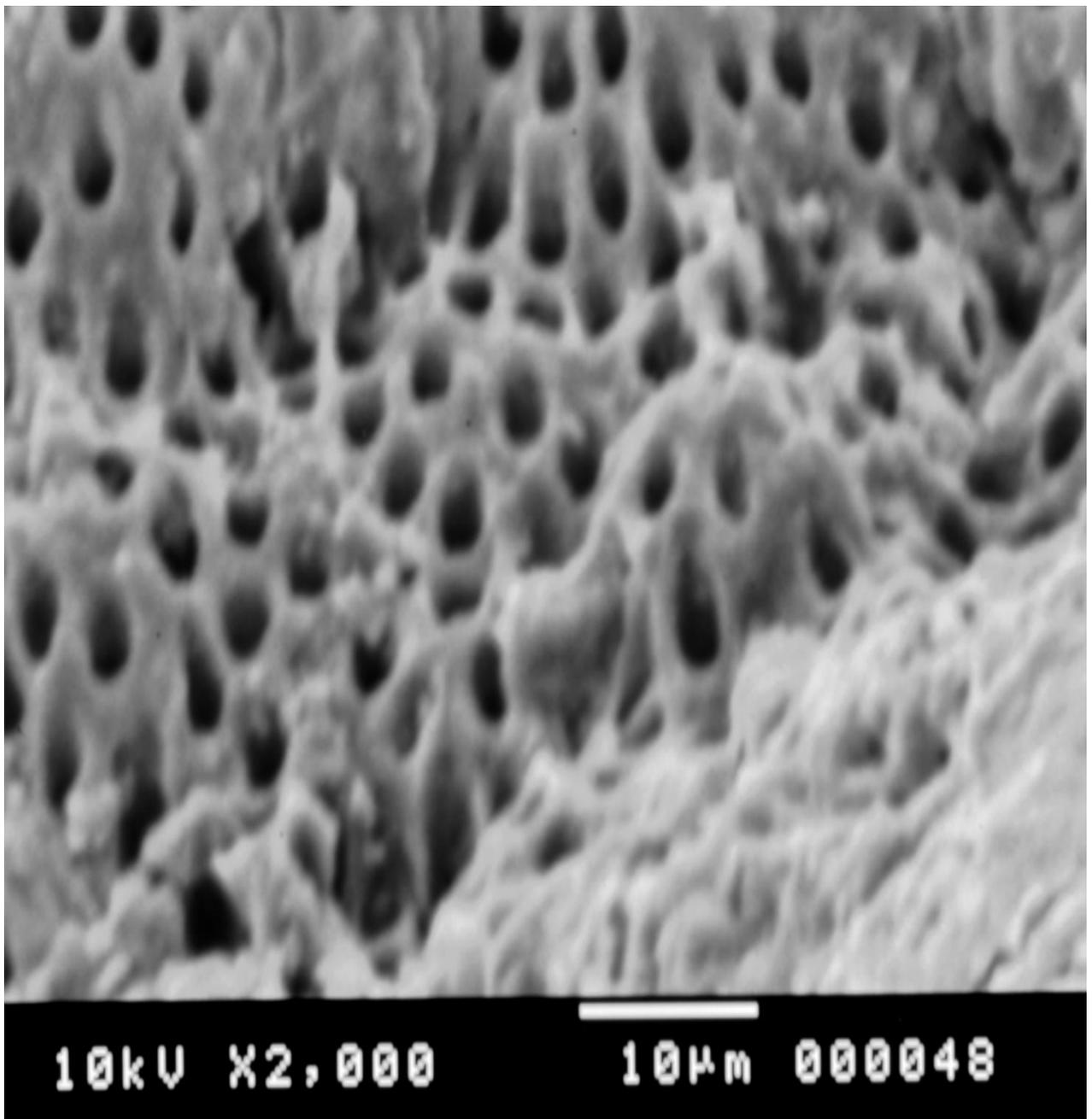
2A



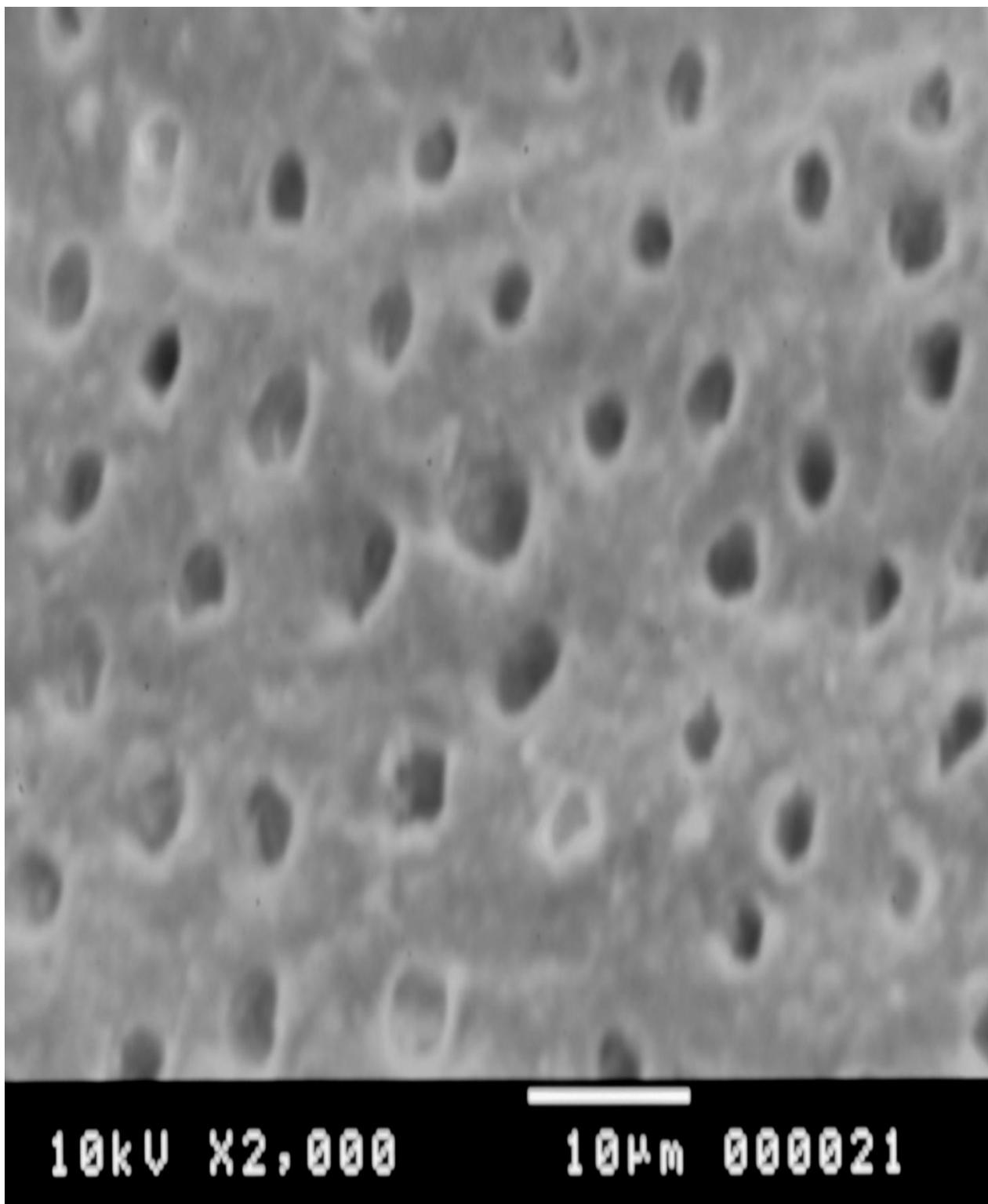
3 A



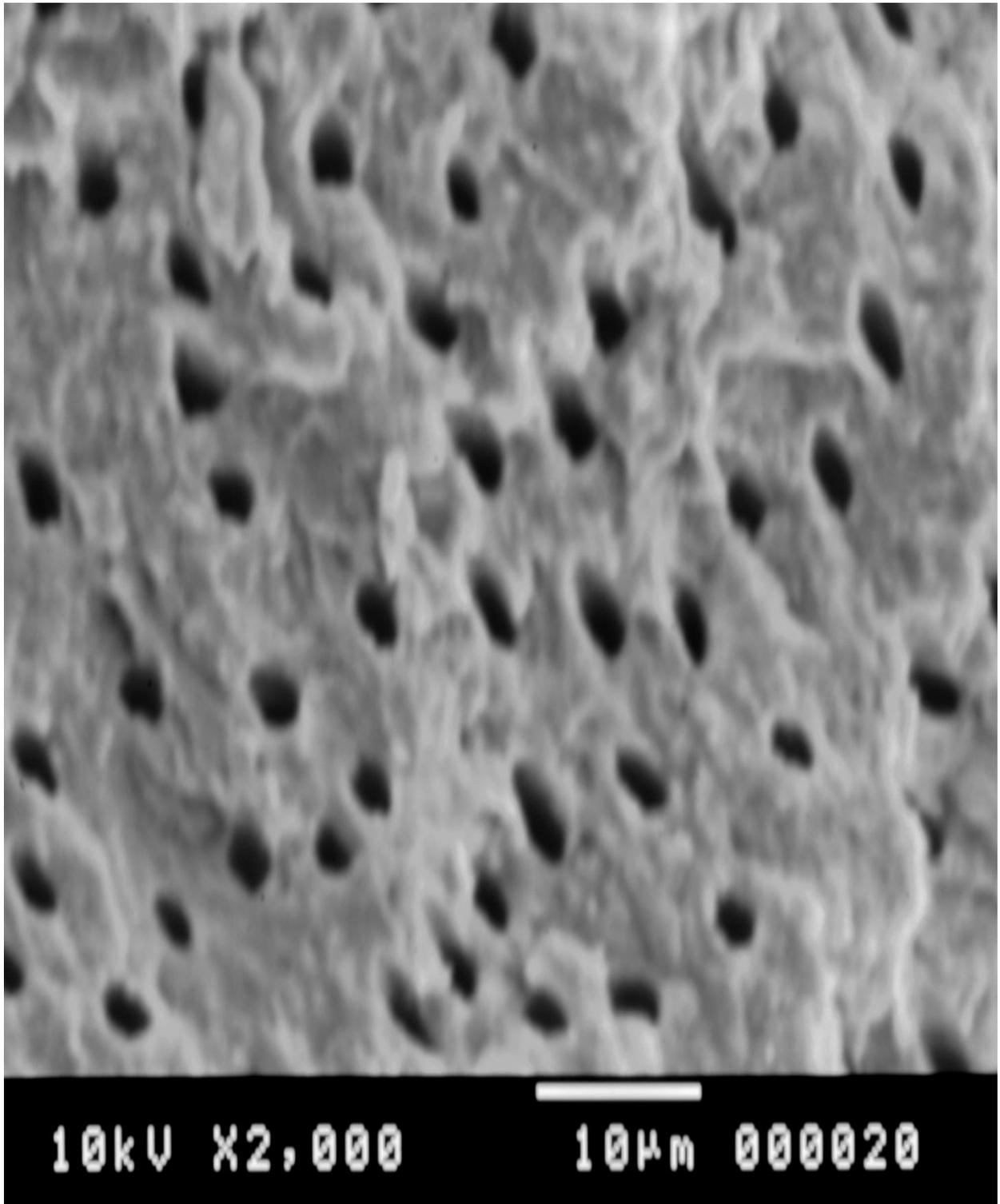
4A



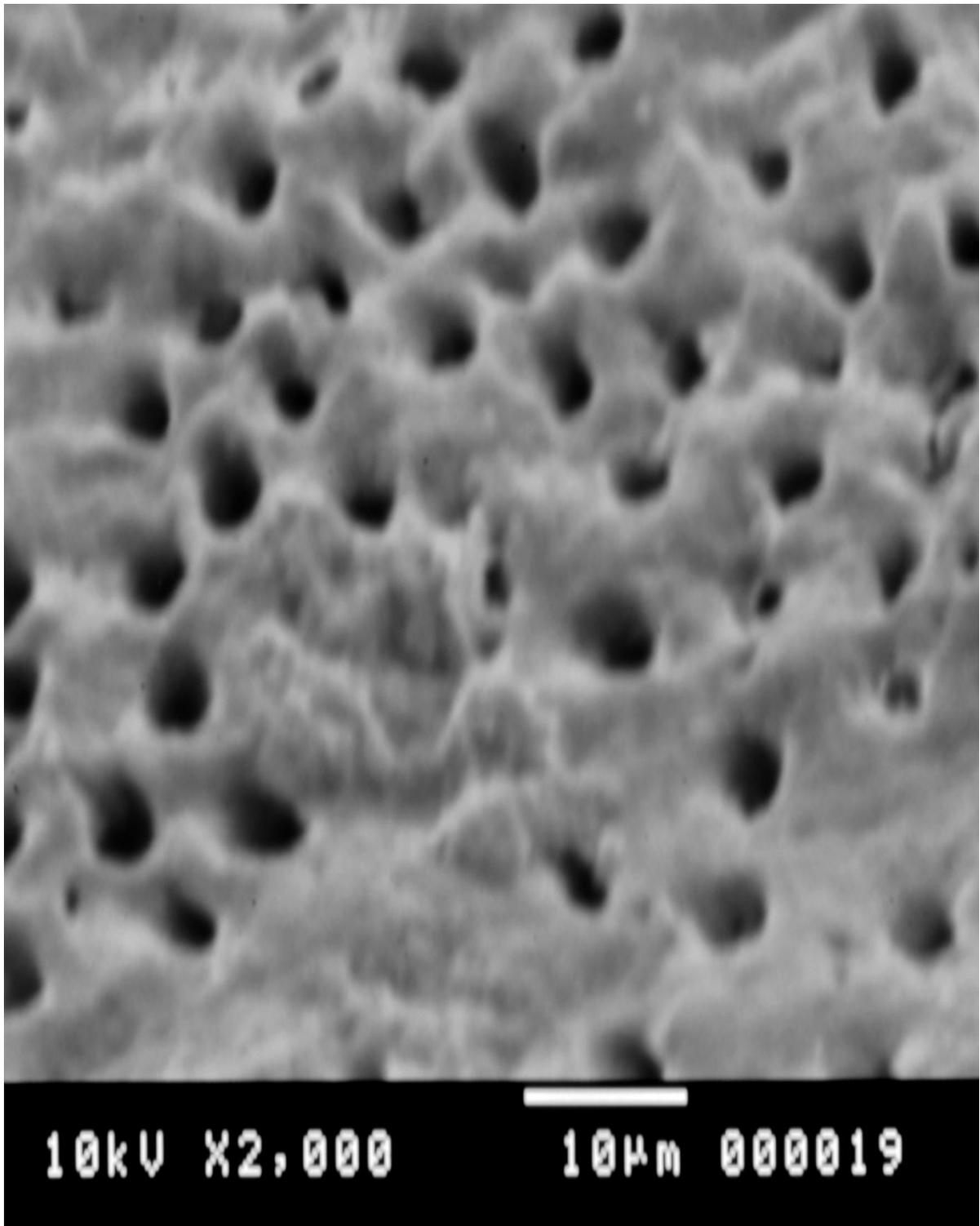
5 A



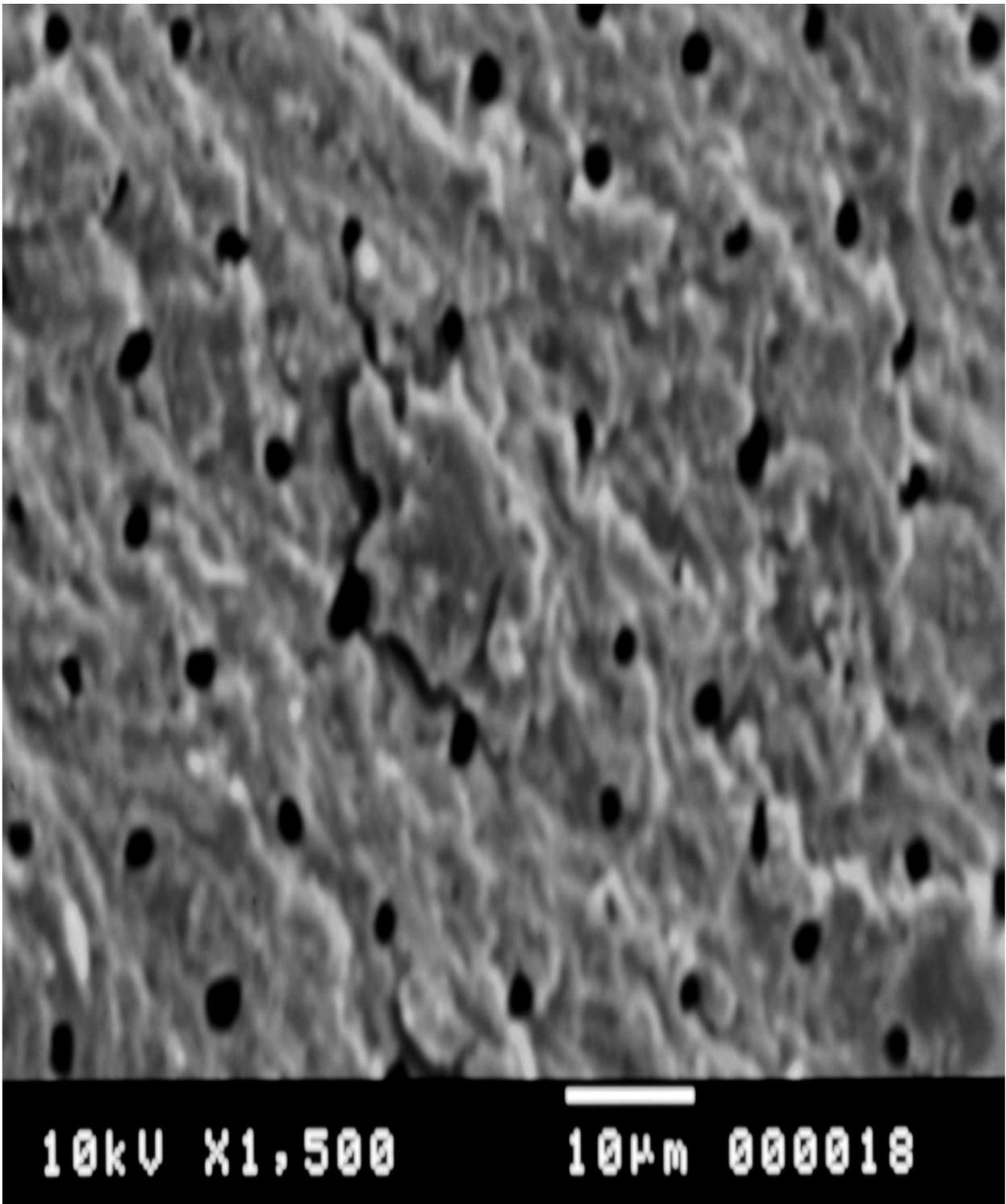
6 A



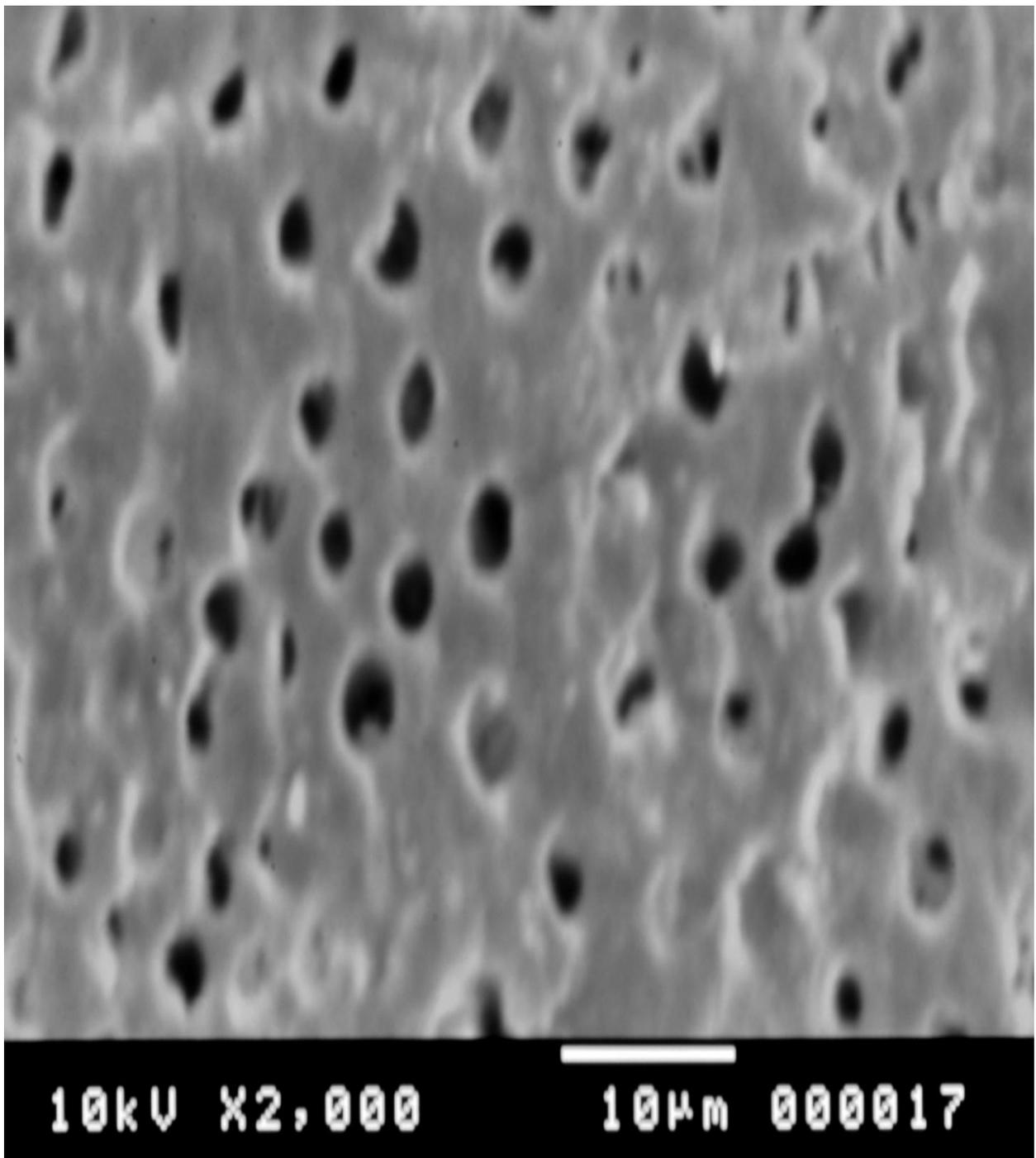
7A



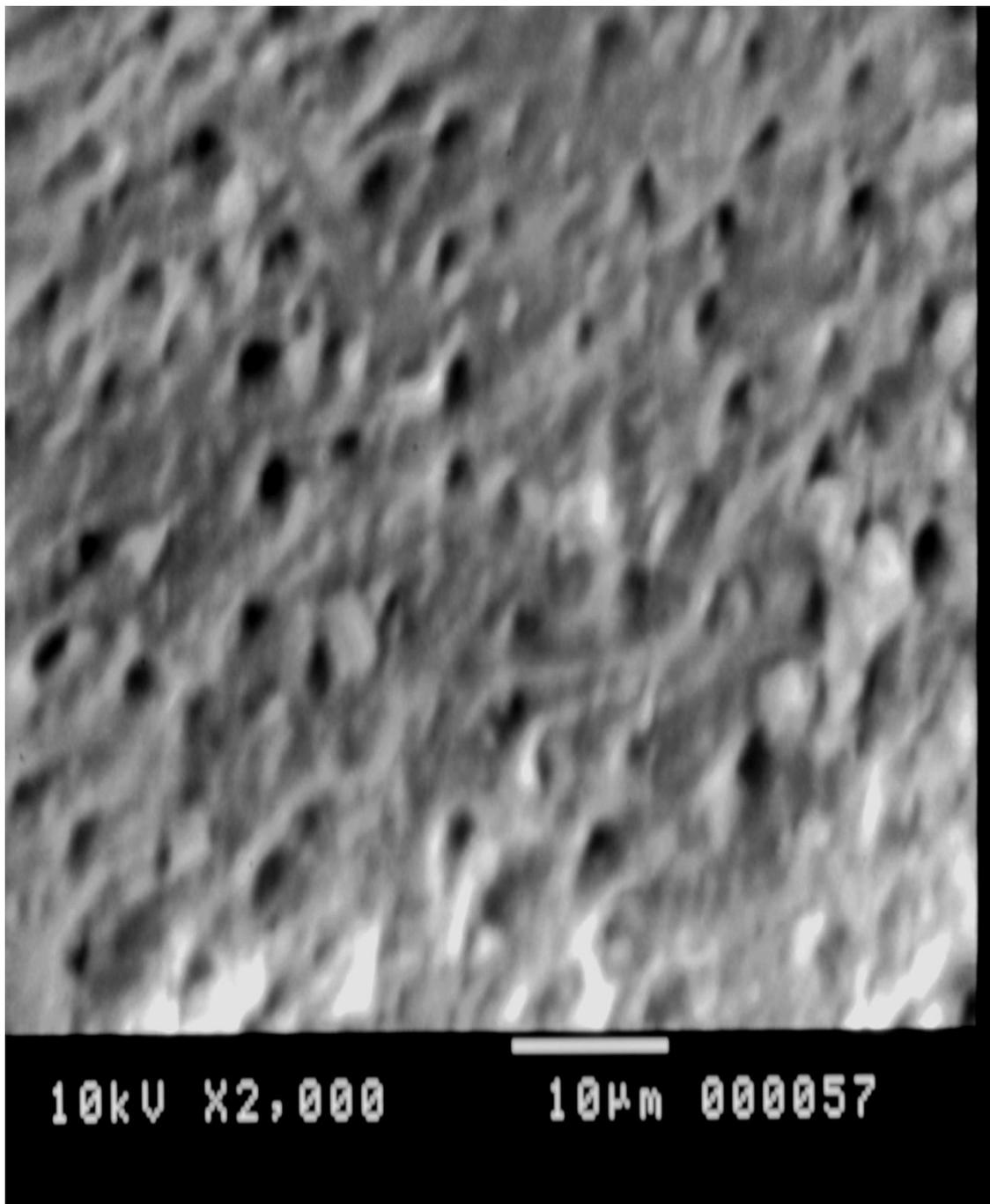
8A



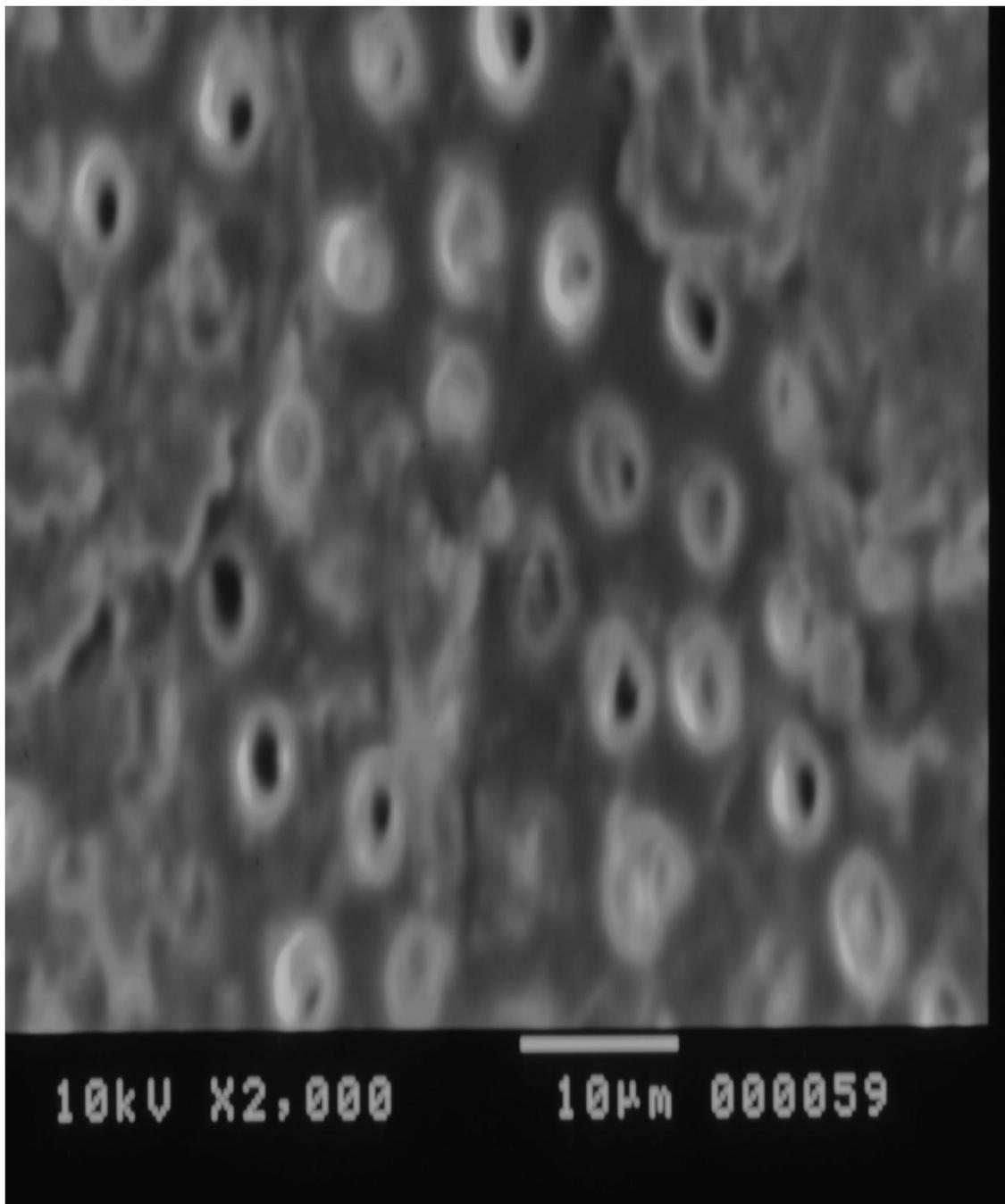
9 A



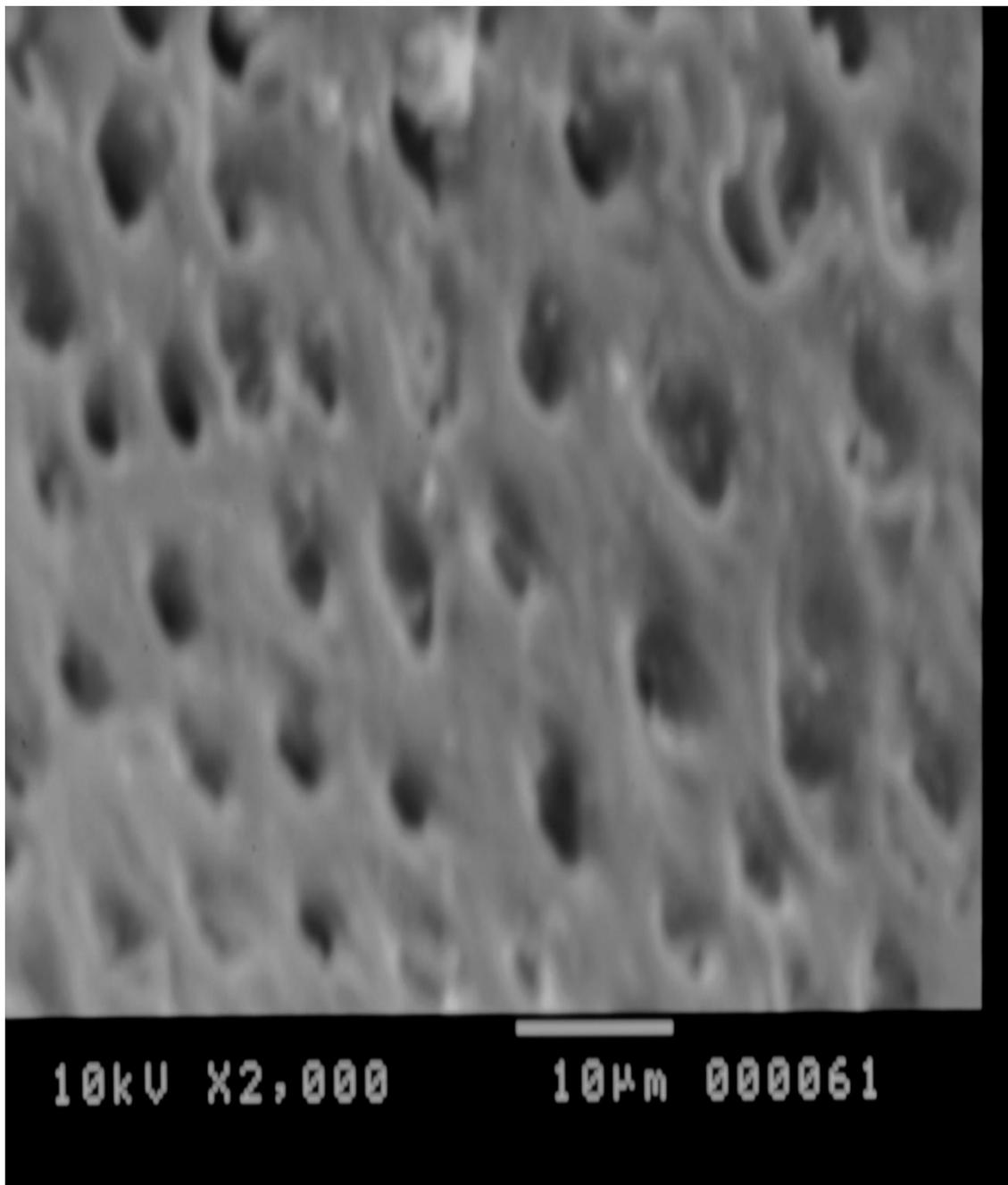
10 A



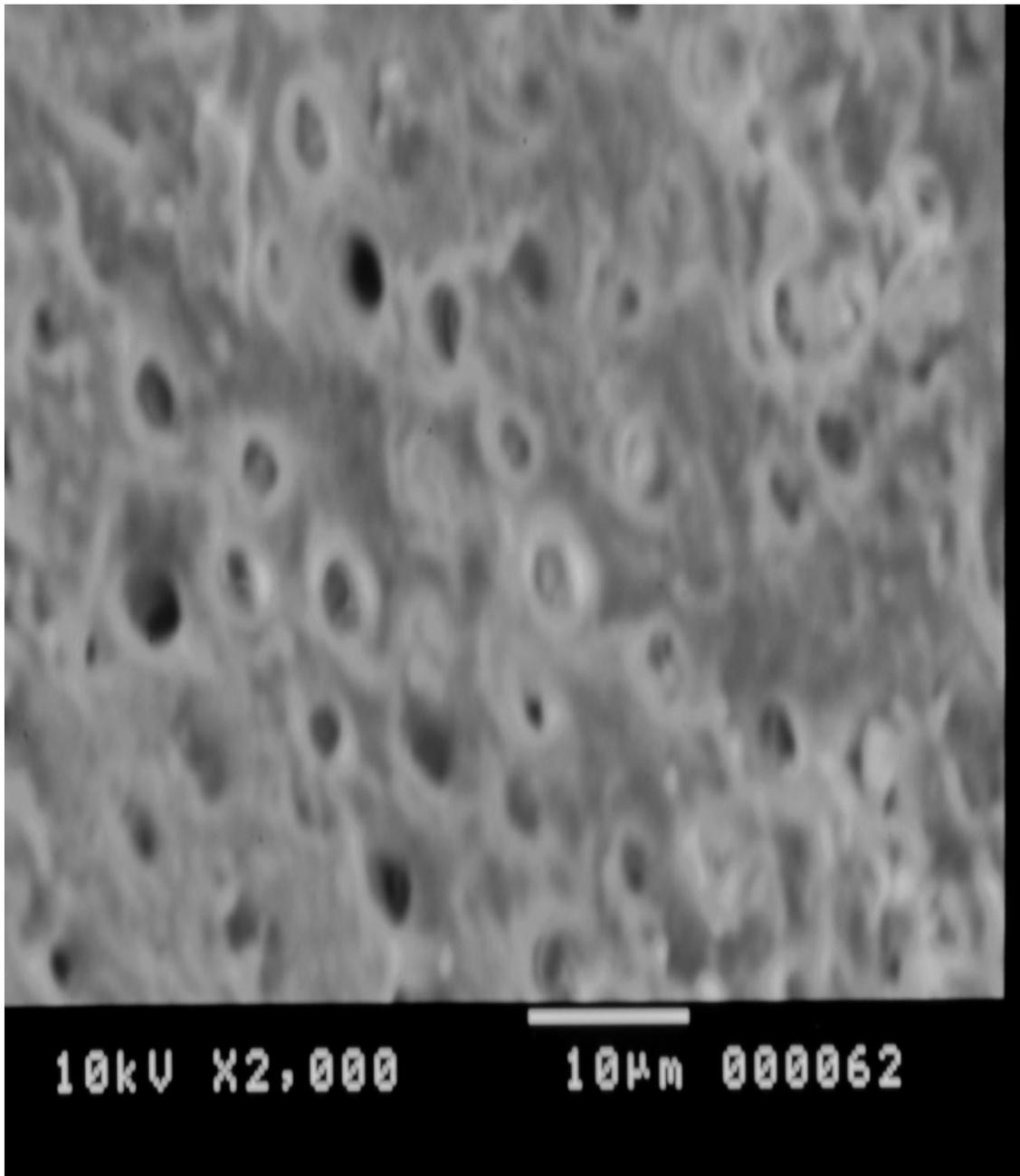
1 B



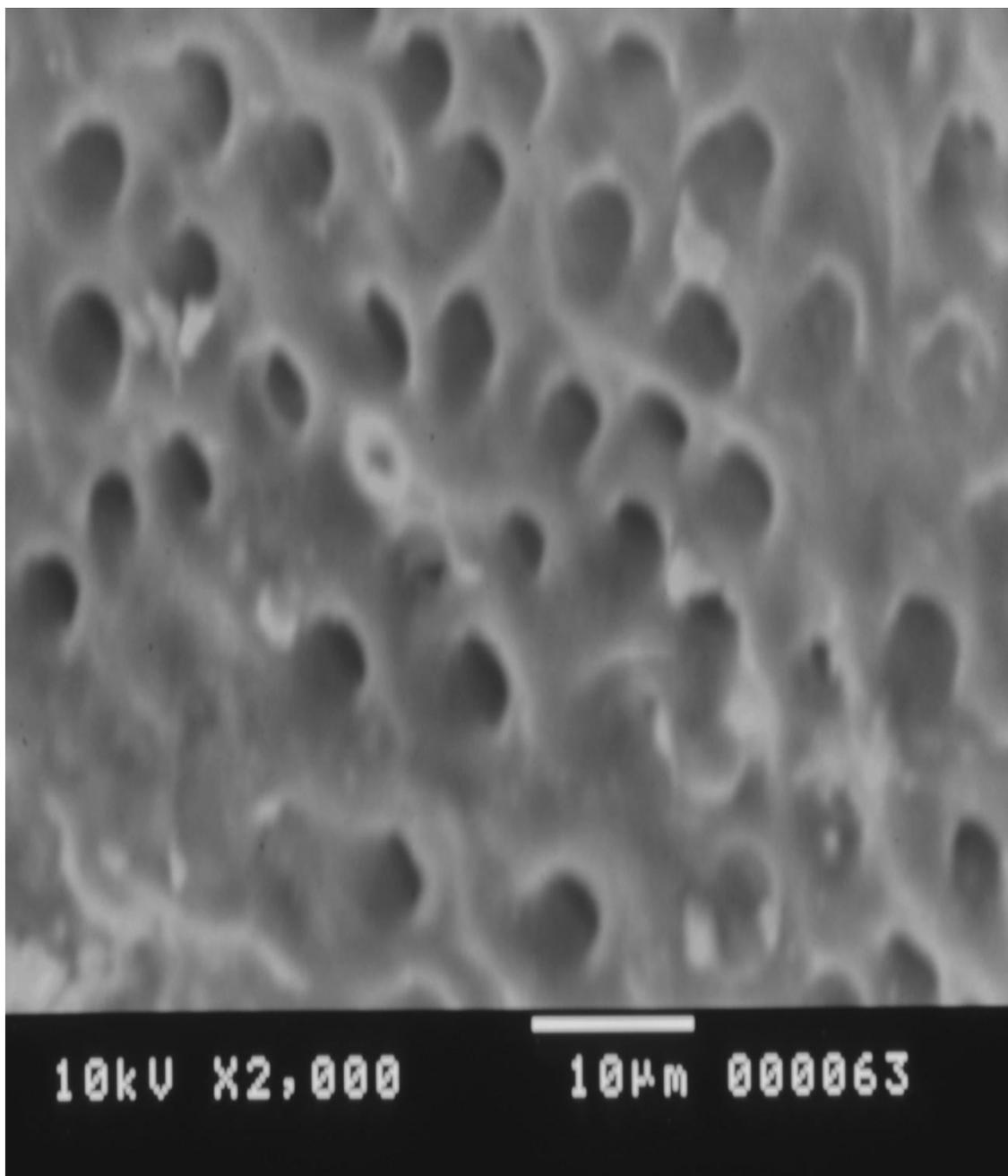
2 B



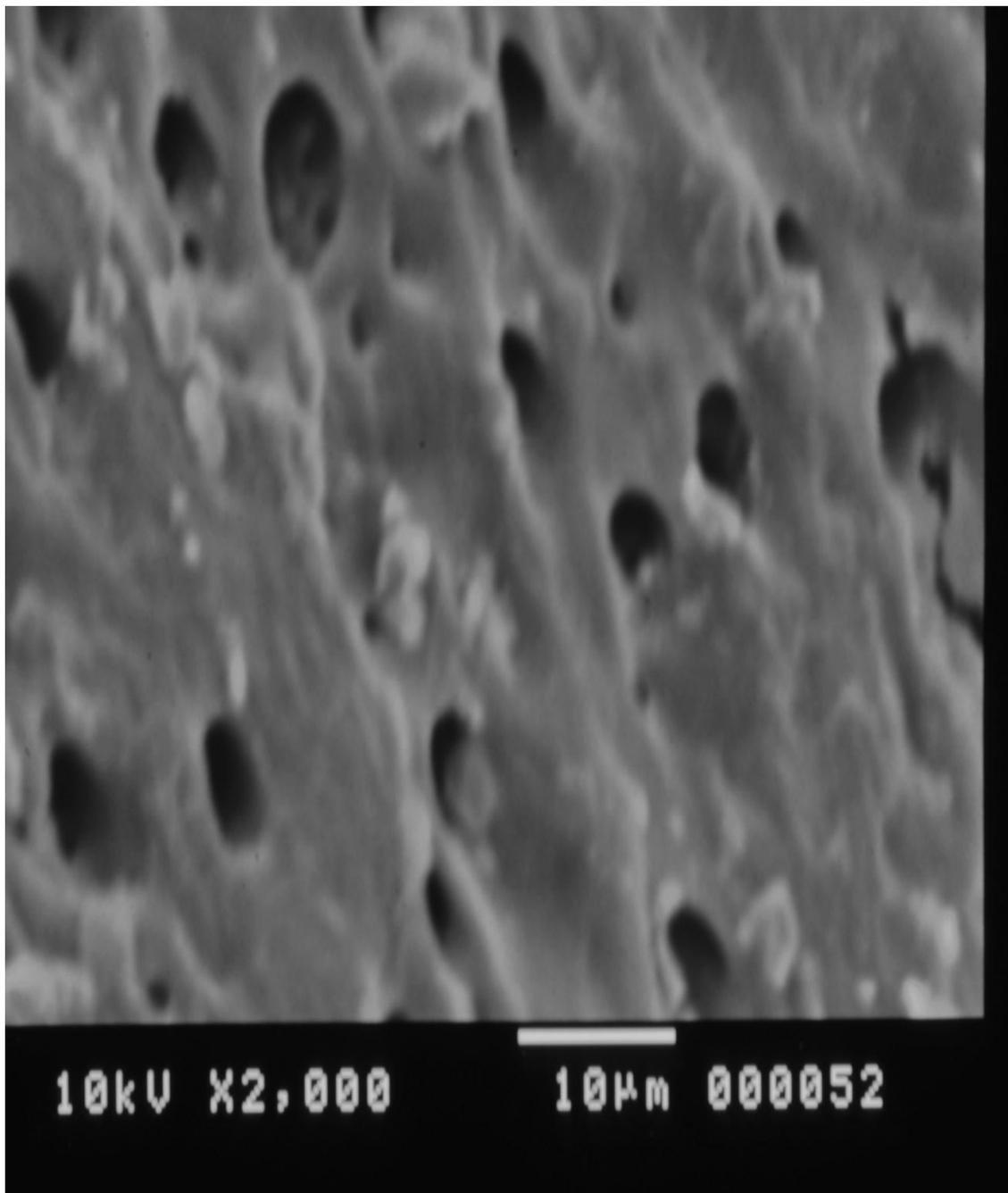
3B



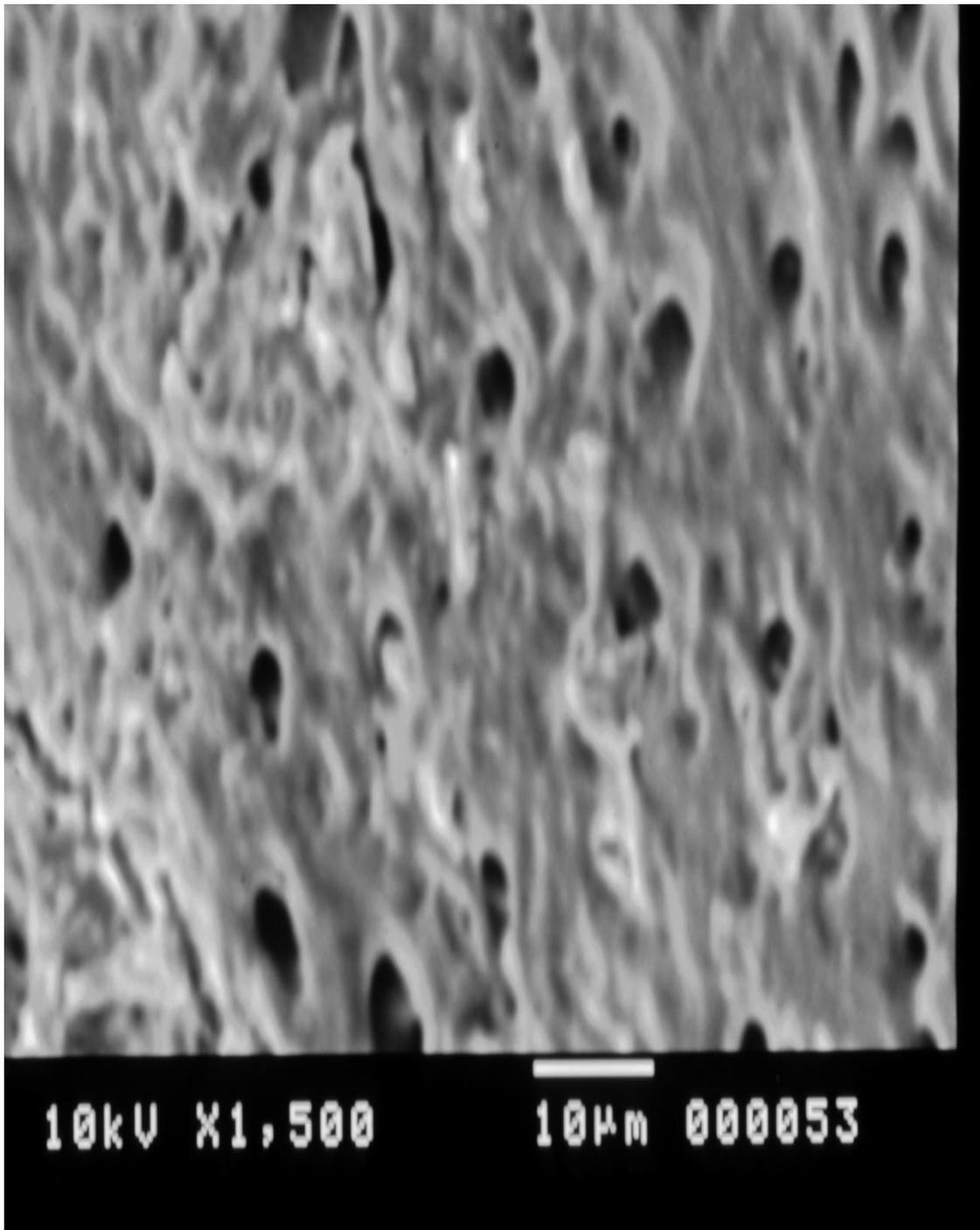
4 B



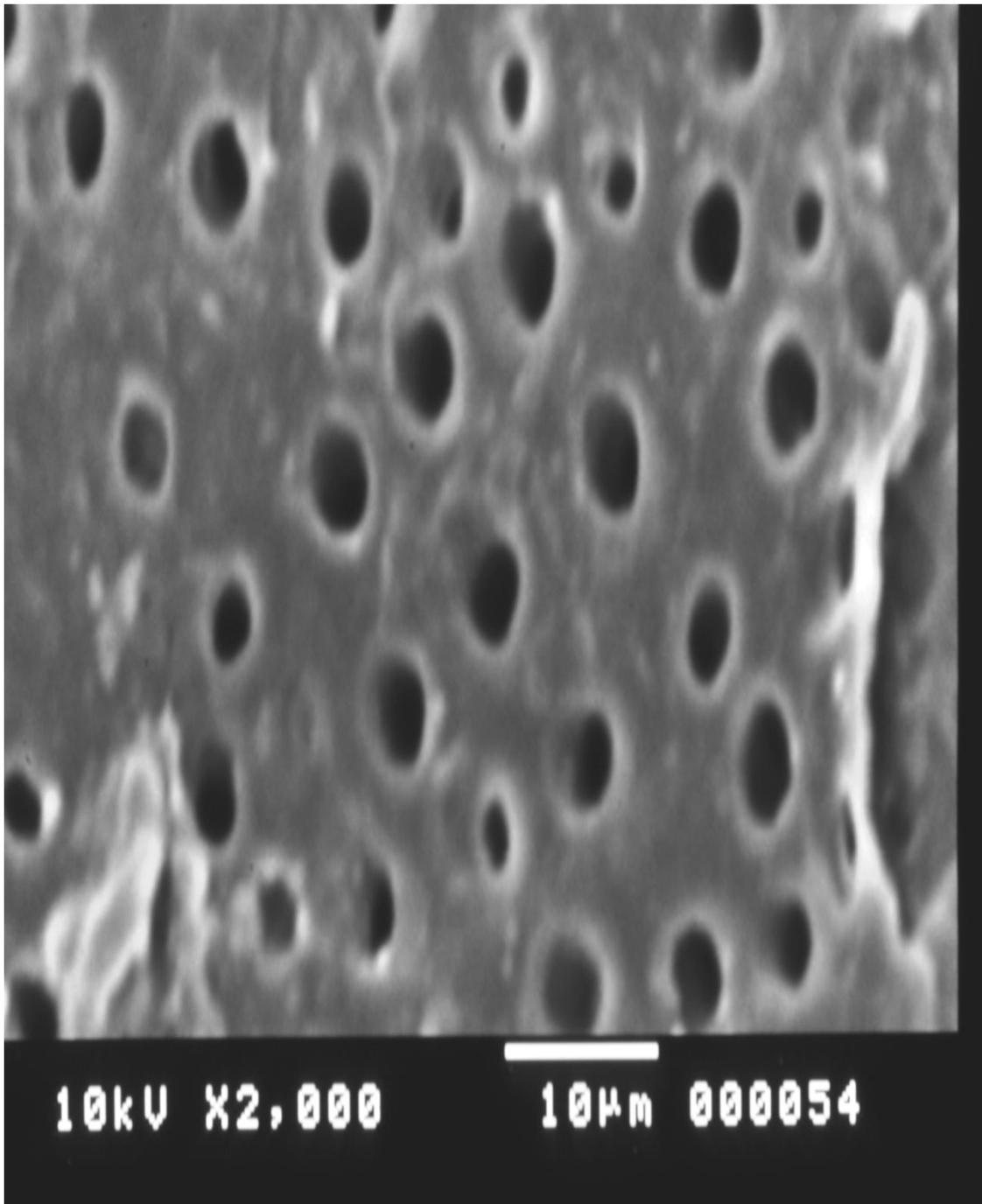
5 B



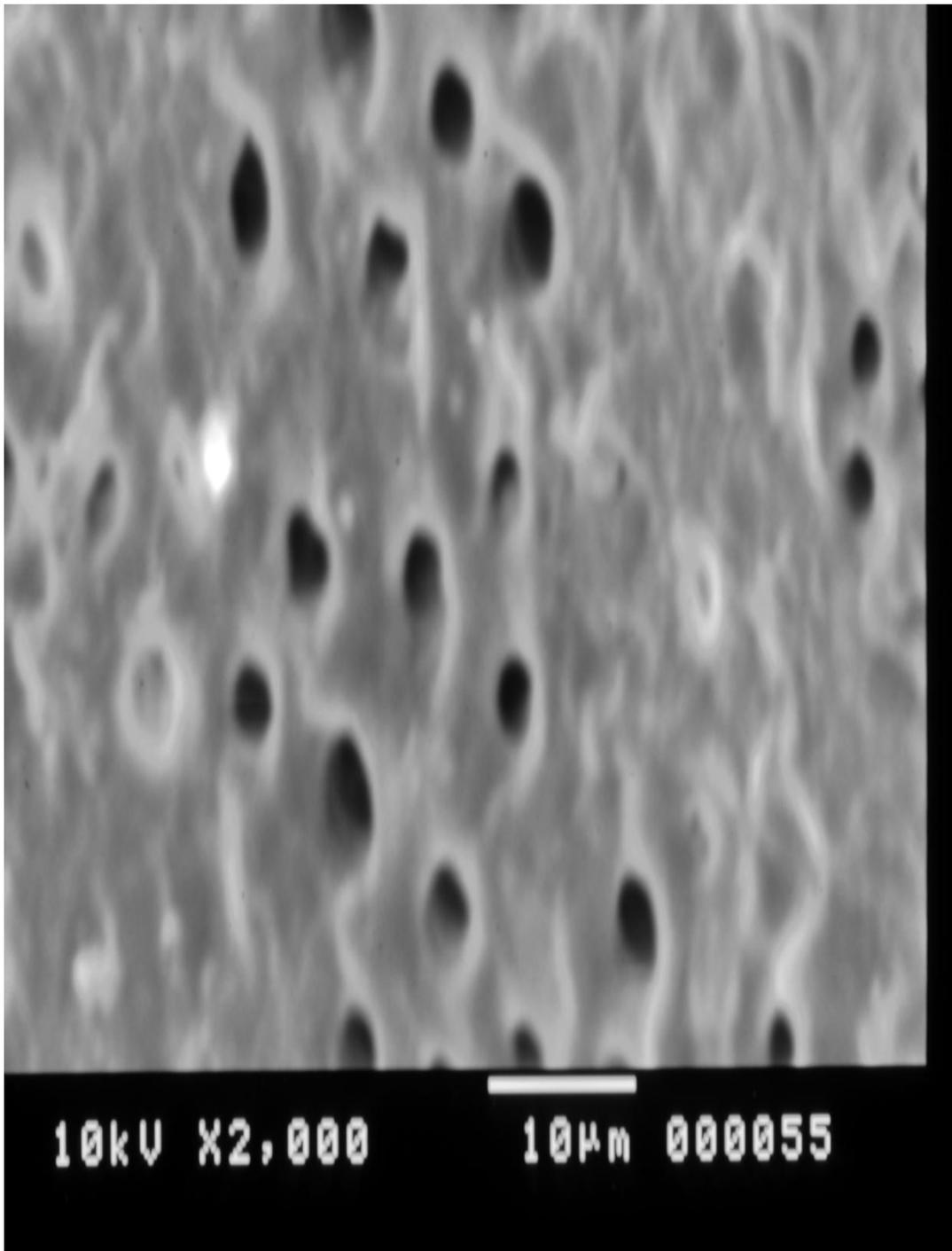
6 B



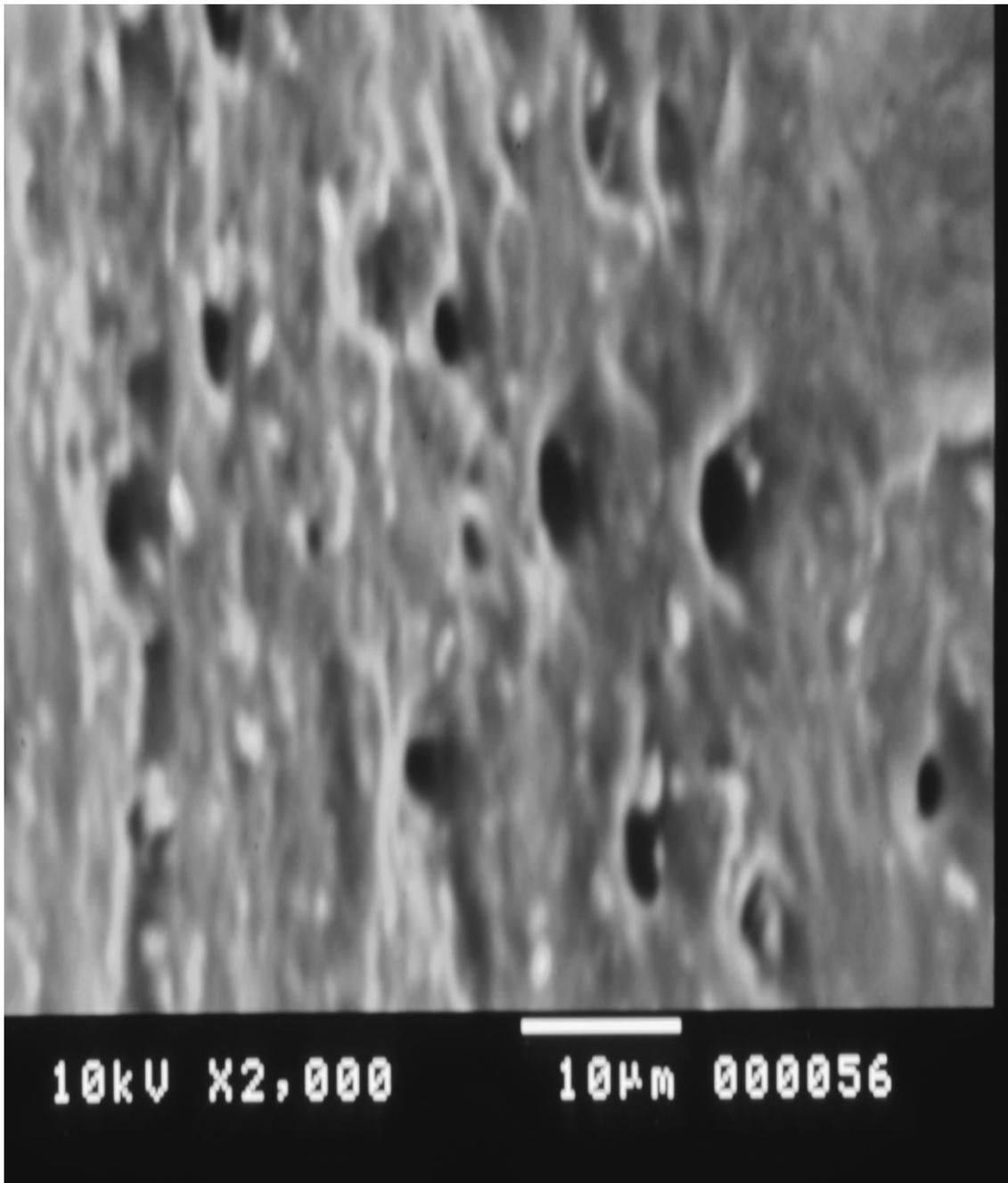
7 B



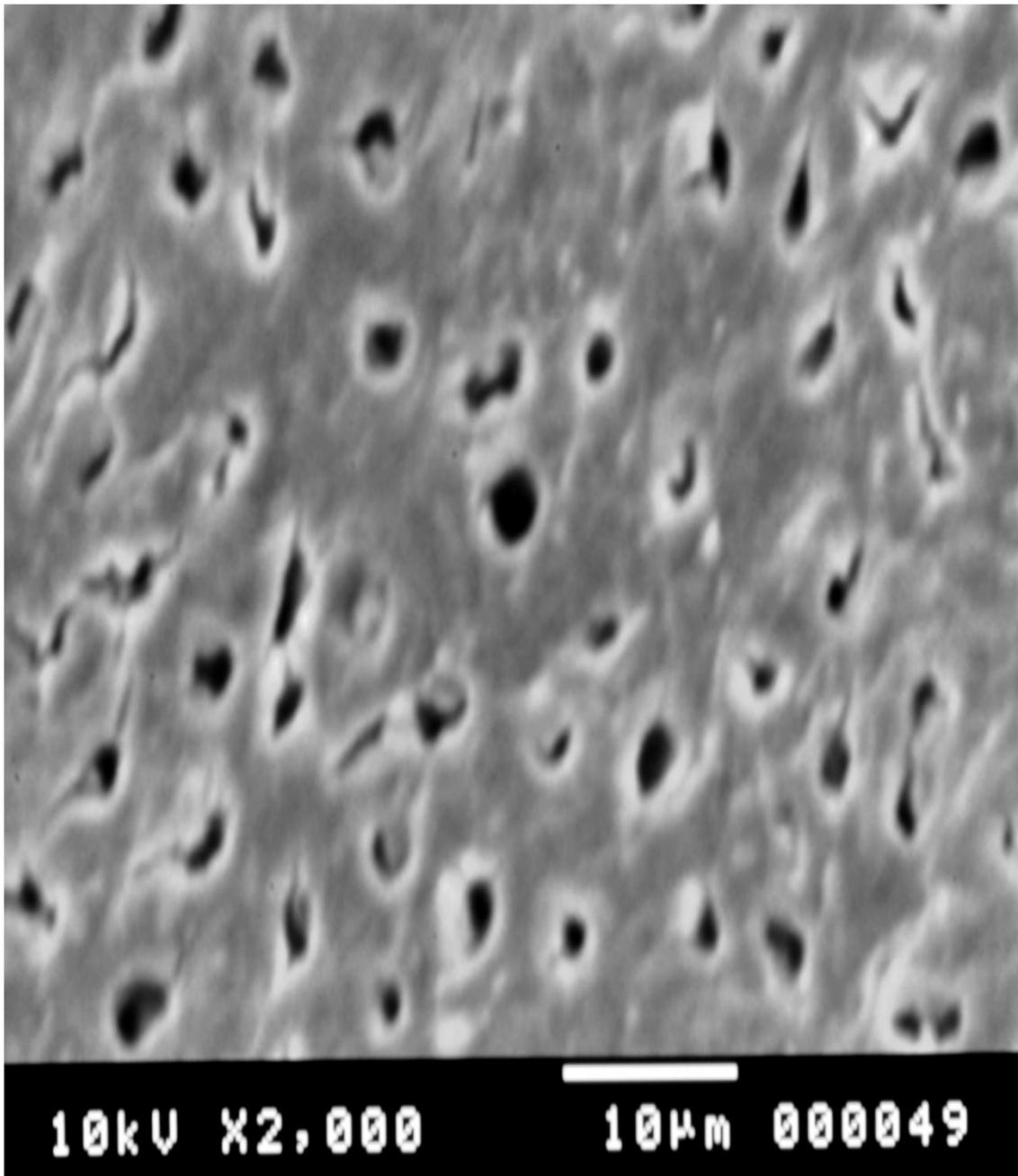
8 B



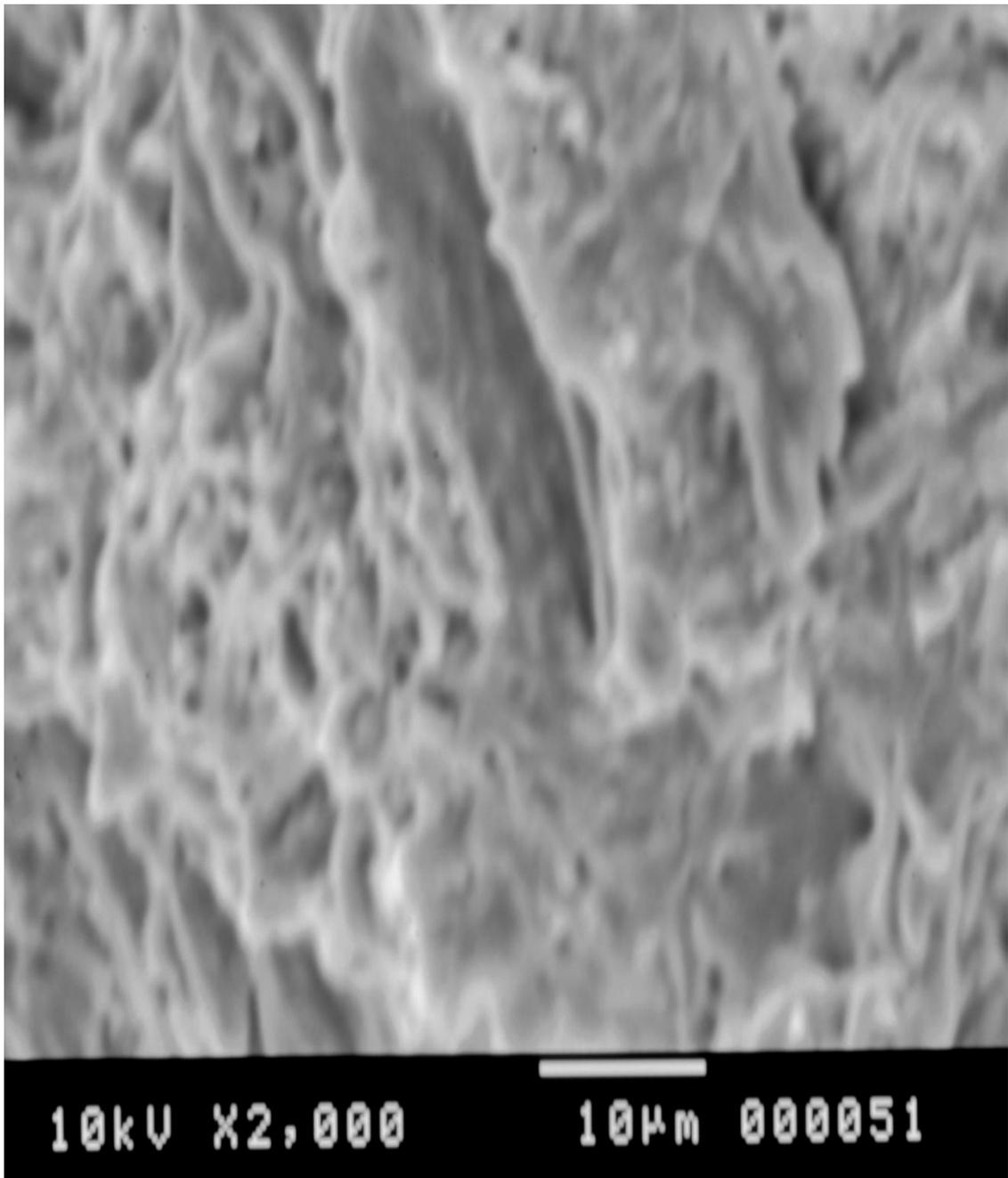
9 B



10 B



CONTROL POSITIVO



CONTROL NEGATIVO