

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL SELLADO APICAL DE LOS CEMENTOS
BIOCERÁMICOS PARA OBTURACIÓN RETRÓGRADA EDGEBIOCERAMIC
RETROFILL, NEOPUTTY Y ENDOSEQUENCE ROOT REPAIR MATERIAL:
ESTUDIO *IN VITRO***

**TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

PRESENTA

C.D. ANA PAULA JIMÉNEZ VICTORIA

PRESIDENTE

DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO

SINODAL

DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE

SINODAL

DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

SINODAL

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

AGOSTO 2021

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, B.C. a 21 de junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL SELLADO APICAL DE LOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS PARA OBTURACIÓN RETRÓGRADA EDGEBIOCERAMIC RETROFILL, NEOPUTTY Y ENDOSEQUENCE ROOT REPAIR MATERIAL: ESTUDIO IN VITRO**

Propuesto por la **C.D. ANA PAULA JIMENEZ VICTORIA**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



Dra. María Elena de los Angeles Hofmann Salcedo

PRESIDENTE

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, B.C. a 21 de junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL SELLADO APICAL DE LOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS PARA OBTURACIÓN RETRÓGRADA EDGEBIOCERAMIC RETROFILL, NEOPUTTY Y ENDOSEQUENCE ROOT REPAIR MATERIAL: ESTUDIO IN VITRO**

Propuesto por la **C.D. ANA PAULA JIMENEZ VICTORIA**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



Dra. Lizzett López Yee

SINODAL

Ccp.- Archivo.

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, B.C. a 21 de junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL SELLADO APICAL DE LOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS PARA OBTURACIÓN RETRÓGRADA EDGEBIOCERAMIC RETROFILL, NEOPUTTY Y ENDOSEQUENCE ROOT REPAIR MATERIAL: ESTUDIO IN VITRO**

Propuesto por la **C.D. ANA PAULA JIMENEZ VICTORIA**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE


Dr. Julio Cesar García Briones

SINODAL

Ccp.- Archivo

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

Tijuana, B.C. a 21 de junio de 2021

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL SELLADO APICAL DE LOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS PARA OBTURACIÓN RETRÓGRADA EDGEBIOCERAMIC RETROFILL, NEOPUTTY Y ENDOSEQUENCE ROOT REPAIR MATERIAL: ESTUDIO IN VITRO**

Propuesto por la **C.D. ANA PAULA JIMENEZ VICTORIA**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez

SINODAL

Ccp.- Archivo.

**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL SELLADO APICAL
DE LOS CEMENTOS BIOCERÁMICOS PARA
OBTURACIÓN RETRÓGRADA EDGEBIOCERAMIC
RETTROFILL, NEOPUTTTY Y ENDOSEQUENCE
ROOT REPAIR MATTERIAL: ESTUDIO *IN VITRO***

PRESENTA

C.D. ANA PAULA JIMÉNEZ VICTORIA

PRESIDENTE

DRA. MARIA ELENA DE LOS ÁNGELES HOFMANN SALCEDO

SINODALES

DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE

DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VARGUÉZ

Tijuana, Baja California, Agosto de 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia principalmente a mis papas por creer en mí y apoyarme en este camino, por sus palabras de aliento y amor incondicional. A Dios por brindarme la fortaleza necesaria para no rendirme y continuar, pero sobre todo a mis compañeros por las risas y abrazos reconfortantes.

Quiero agradecer a la Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez por su apoyo incondicional, paciencia, observaciones profesionales, sugerencias y sobre todo por su dedicación y tiempo.

Así mismo agradezco a la Dra. Ana Gabriela Carillo Vázquez por su confianza y por permitirme formar parte del posgrado de endodoncia generación 29. A mi directora de tesis la Dra. María Elena Hoffman Salcedo por su motivación, a mis sinodales por sus observaciones y a todos mis docentes por ser parte de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero agradecer a mi universidad, la Universidad Autónoma de Baja California y al posgrado de Endodoncia por haberme permitido formar parte de el y ayudar en mi formación como especialista en Endodoncia.

A los miembros del Laboratorio de Cultivo Celular y Microscopia Confocal del Instituto Tecnológico de Tijuana, por recibirnos en su Institución y apoyarnos en la realización de la experimentación de este proyecto de investigación.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (ConaCyT) por haberme otorgado la beca de especialidad, No 1006049: la cual permitió que se llevara a cabo este proyecto de investigación.

Finalmente, se agradece a los siguientes proyectos:

Proyecto de CONACyT: INFR-2015-251863 “Fortalecimiento de la infraestructura científica de un laboratorio de cultivo celular para el desarrollo y evaluación biológica de biomateriales poliméricos y nuevas nanoplataformas teragnósticas”. Responsable: Dr. Manuel Alatorre Meda.

Proyecto de CONACyT: PDPCN-2015-89 “Biomateriales producidos a partir de polímeros naturales para tratamiento regenerativo de úlceras del pie diabético”. Responsable: Dr. Manuel Alatorre Meda.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE FIGURA	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	viii
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
2.1. ENDODONCIA	3
2.2. ÉXITO Y FRACASO	3
2.3. PERIODONTITIS APICAL.....	4
2.4. RETRATAMIENTO ENDODÓNTICO NO QUIRÚRGICO	5
2.5. RETRATAMIENTO ENDODÓNTICO QUIRÚRGICO	6
2.5.1. Indicaciones de una cirugía periapical	6
2.5.2. Contraindicaciones de una cirugía periapical	6
2.5.3. Procedimiento	6
2.6. OBTURACIÓN RETRÓGRADA	7
2.6.1. Retropreparación y obturación retrógrada	8
2.7. CARACTERÍSTICAS MATERIAL IDEAL	9
2.8. MATERIALES UTILIZADOS EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA	10
2.8.1. Óxido de cinc y eugenol.....	10
2.8.2. Ionómero de vidrio	10

2.8.3. Biocerámicos.....	11
2.8.4. MTA.....	11
2.8.4.1. Composición Química.....	12
2.8.4.2. Propiedades.....	12
2.8.4.3. Mecanismo de acción	13
2.8.4.4. Ventajas	13
2.8.4.5. Desventajas	13
2.8.5. EndoSequence BC RRM	14
2.8.5.1. Composición Química.....	14
2.8.5.2. Propiedades.....	14
2.8.5.3. Ventajas	15
2.8.5.4. Desventajas	15
2.8.6. NeoPutty	15
2.8.6.1. Características	15
2.8.6.2. Propiedades.....	16
2.8.6.3. Mecanismo de acción	16
2.8.6.4. Ventajas	16
2.8.7. Edge Bioceramic Retrofill.....	16
2.8.7.1. Composición	17
2.8.7.2. Propiedades.....	17
2.8.7.3. Ventajas	17
2.9. CAPACIDAD DE SELLADO.....	18
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
IV. JUSTIFICACIÓN	20

V. HIPÓTESIS	21
5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	21
5.2. HIPÓTESIS NULA.....	21
5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA.....	21
VI. OBJETIVOS	22
6.1. OBJETIVO GENERAL	22
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
VII. VARIABLES	23
7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	23
7.2. VARIABLES DEPENDIENTES	23
7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES.....	23
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	24
8.1. TIPO DE ESTUDIO	24
8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO.....	24
8.2.1. Criterios de inclusión.....	24
8.2.2. Criterios de exclusión.....	24
8.2.3. Criterios de eliminación.....	24
8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL	25
8.4. METODOLOGÍA.....	26
8.4.1. Selección de la muestra.....	26
8.4.2. Preparación de la muestra	26
8.4.3. Preparación del conducto radicular.....	27
8.4.4. Preparación de la raíz.....	28

8.4.5. Obturación de la cavidad retrógrada.....	28
8.4.6. Método de evaluación con azul de metileno al 1%	30
8.4.7. Análisis de la filtración longitudinal con azul de metileno al 1% en el interior del conducto.....	33
8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
IX. RESULTADOS	36
9.1. Análisis por imagen del porcentaje de filtración de azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular	36
X. DISCUSIÓN	38
XI. CONCLUSIONES	42
XII. RECOMENDACIONES.....	43
XIII. BIBLIOGRAFÍA.....	44

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Periodontitis Apical.....5

Figura 2. Obturación retrógrada.8

Figura 3. NeoPutty..... 16

Figura 4. EdgeBioceramic Retrofiill and Perforation Repair Material.17

Figura 5. Estandarización de las muestras.....26

Figura 6. Preparación del conducto radicular.....27

Figura 7. Radiografía de retropreparación.....28

Figura 8. Preparación de la raíz y obturación retrógrada.29

Figura 9. Radiografías de obturación retrógrada.....29

Figura 10. Barniz transparente.30

Figura 11. Colocación de azul de metileno.....31

Figura 12. Incubación de las muestras.....32

Figura 13. Eliminación del exceso de azul de metileno.....32

Figura 14. Seccionamiento de las muestras.....33

Figura 15. Análisis por imagen.34

Figura 16. Filtración apical.....34

Figura 17. Porcentaje de filtración de los cementos para obturación retrógrada EndoSequence RRM, NeoPutty y EdgeBioceramic.37

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Analisis de varianza
BC	Bioceramic
°C	Centigrado o grado Celsius
Ca	Calcio
CEM	Cemento de calcio enriquecido
CSH	Silicato de calcio hidratado
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
E.feacalis	Enterococcus Faecalis
E.g	Ejemplo
ERRM	Endosequence Root Repair Material
FDA	Food and Drug Administration
H	Horas
LT	Longitud de trabajo

LISTA DE ABREVIATURAS

Min	Minutos
MPa	Megapascal
MTA	Agregado de trióxido mineral
NaOC	Hipoclorito de sodio
pH	Potencial de hidrógeno
RPM	Revolución por minuto
RRM	Root Repair Material
S	Segundos
SEM	Microscopio electrónico de barrido
μl	Micrólitros

I. RESUMEN

Introducción: La Endodoncia es la rama de la odontología que se encarga de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dentaria y de los tejidos perirradiculares. Cuando el tratamiento endodóntico fracasa nuestra primera opción es el retratamiento endodóntico, en algunas situaciones se encuentra contraindicado por complejidades anatómicas, instrumentos fracturados o transportaciones del conducto radicular. Por lo tanto, nuestra última opción es la cirugía periapical. Este procedimiento consiste en eliminar la lesión periapical mediante una resección de los últimos 3 mm apicales, curetaje de la lesión, retropreparación y una obturación retrógrada con materiales biocompatibles que nos permite lograr un sellado hermético de la porción apical.

Los cementos endodónticos utilizados en obturación retrógrada deben de impedir la comunicación del sistema de conducto con los tejidos periapicales para garantizar el éxito del tratamiento, esto va a depender de las características de un material ideal, estos deben proporcionar un sellado hermético y tridimensional, estabilidad dimensional, y una buena adhesión a las paredes del conducto radicular.

Objetivo: Evaluar la eficacia del sellado apical de los cementos biocerámicos para obturación retrógrada EdgeBioceramic Retrofill, NeoPutty y EndoSequence Root Repair Material mediante un estudio *in vitro*. **Métodos:** 30 órganos dentarios (OD) unirradiculares recién extraídos fueron preparados y obturados con la técnica de condensación lateral y cemento sellador AH Plus. Las raíces fueron seccionadas 3 mm en apical y la cavidad de obturación retrógrada fue preparada con una punta ultrasónica. Las muestras fueron divididas en tres grupos (n=10) y fueron obturadas con cementos biocerámicos para obturación retrógrada EdgeBioceramic Retrofill, NeoPutty y EndoSequence Root Repair Material. La eficacia del sellado apical de los cementos biocerámicos fue evaluada mediante la técnica de filtración con azul de metileno al 1%, en condiciones fisiológicas simuladas. El análisis estadístico de los resultados se llevo a cabo empleando el método de análisis de la varianza (ANOVA) de un factor, en conjunto con Post hoc de Tukey y Bonferroni. La diferencia estadística fue considerada como

significativa a $p < 0.05$. **Resultados** En el análisis por imagen de la longitud de filtración de azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular no existe diferencia estadísticamente significativa al comparar el porcentaje de filtración apical de EdgeBioceramic (35%), NeoPutty (51%) y EndoSequence RRM (41%) ($p < 0.05$). **Conclusiones:** Los resultados obtenidos demostraron que no existe diferencia estadísticamente significativa al comparar los porcentajes de filtración apical de los cementos biocerámicos para obturación retrógrada EdgeBioceramic Retrofill, Neoputty y Endosequence Root Repair Material. A partir de los resultados obtenidos se confirma que EdgeBioceramic y NeoPutty (de reciente lanzamiento al mercado) tienen una eficacia de sellado apical similar a EndoSequence los que los valida como materiales idóneos para su uso en obturación retrógrada.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia es aquella disciplina de la odontología que se encarga de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dentaria y del tejido perirradicular. El estudio y aplicación práctica de la endodoncia comprenden los siguientes aspectos de investigación básica y aplicación clínica: etiología, diagnóstico, profilaxis, tratamiento de la patología y lesiones traumáticas de la pulpa, así como el tratamiento de las alteraciones patológicas perirradiculares secundarias a la patología pulpar (1).

2.2. ÉXITO Y FRACASO

Se ha establecido que un correcto tratamiento endodóntico está basado en una tríada de factores que incluyen el acceso, la preparación y la obturación del conducto radicular. Pero es importante recalcar que estos factores no son suficientes para alcanzar el éxito, deben complementarse con la irrigación, medicación intraconducto en caso de requerirse y un buen sellado coronal junto con una adecuada restauración de la pieza con el fin de restituir su funcionalidad (2). El porcentaje de éxito de un tratamiento de conductos oscila entre el 53% y el 96% (3). La literatura endodóntica propone evaluar el éxito del tratamiento mediante tres métodos, evaluación clínica, radiográfica e histológica. La evaluación clínica se basa en hallazgos subjetivos como la presencia o ausencia de dolor y malestar. La evaluación radiográfica será considerada exitosa al no existir una lesión periapical o si transita a su desaparición después del tratamiento de conductos. *Strindberg* proporcionó criterios estrictos para determinar el éxito radiográfico, ancho y estructura apical de la lamina dura normal y contornos periodontales ensanchados solo alrededor del material de obturación. Por último, la evaluación histológica es casi imposible de constatar debido a que no siempre puede ser valorado por cuestiones éticas. Solo puede llevarse a cabo cuando se diagnostica un fracaso mediante cirugía endodóntica removiendo los últimos 3 mm de la raíz y los tejidos que lo rodean (2,3).

En la literatura se han descrito muchas causas del fracaso del tratamiento endodóntico; Incluyen una apertura cameral incorrecta, conductos no tratados, instrumentación apical insuficiente, iatrogenias (escalones, perforaciones o fractura de instrumentos), filtración coronal y presencia de materiales extraños en los tejidos periapicales. El fracaso también se ha atribuido a la infección persistente en el interior y exterior del conducto, y a los quistes (1-3). La principal causa de fracaso en el tratamiento de conductos se asocia a la presencia de microorganismos en el interior del conducto radicular, las bacterias juegan un papel importante en la persistencia o aparición de periodontitis apical posterior al tratamiento (4,5).

2.3. PERIODONTITIS APICAL

La periodontitis apical es descrita como una enfermedad inflamatoria de origen microbiano que se debe principalmente a una infección del sistema del conducto radicular. Las bacterias constituyen los principales microorganismos implicados en la patogenia aunque también se ha detectado la presencia de hongos y recientemente arqueas y virus (4). Diversos estudios han identificado en las infecciones persistentes dentro del conducto radicular bacterias anaerobias facultativas y obligadas siendo las más frecuentes *porphyromonas gingivalis*, *Campylobacter rectus*, *Dialister invisus*, Especies de *Streptococcus*, *Filafactor alocis*, *Propionibacterium propionicum*, *Pseudoramibacter alactolyticus* siendo la más prevalente *Enterococcus faecalis* en el 90% de los casos y dentro de los hongos *Candida albicans* hasta en el 18% (3,5). El tratamiento de la periodontitis apical consiste principalmente en eliminar la infección del conducto radicular y prevenir la reinfección mediante un sellado hermético del espacio del conducto radicular (7).

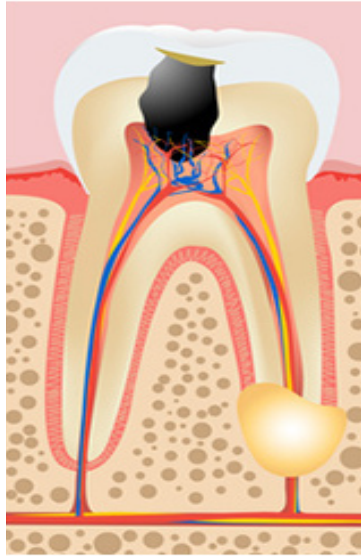


Figura 1. Periodontitis Apical.

En la imagen se observa una periodontitis apical, ocasionada por la presencia de microorganismos en una lesión cariosa (4).

2.4. RETRATAMIENTO ENDODÓNTICO NO QUIRÚRGICO

En aquellos casos donde el fracaso del tratamiento de conductos ha sido confirmado, nuestra primera opción para preservar el diente y eliminar la infección, será el retratamiento no quirúrgico (4,8). Esta parece ser la opción más segura porque proporcionara un máximo beneficio con un mínimo riesgo (4). Tiene como objetivo mejorar la calidad del tratamiento previo, superar las limitaciones y lograr un sellado tridimensional (8). Consiste en acceder a la cámara pulpar, remover el material de obturación del conducto radicular, reparar los defectos patológicos o iatrogénicos, alcanzar la longitud de trabajo y reconfigurar los conductos para poder lograr una adecuada desinfección y obturación con el fin de mantener la salud de los tejidos perirradiculares y promover la cicatrización de estos. Si este no es viable, se realizará una cirugía periapical (3,6).

2.5. RETRATAMIENTO ENDODÓNTICO QUIRÚRGICO

Usualmente se lleva a cabo para eliminar los irritantes que provienen del sistema de conductos y la causa de la periodontitis apical (9).

2.5.1. Indicaciones de una cirugía periapical

La cirugía periapical esta indicada cuando la enfermedad perirradicular persiste y el retratamiento endodóntico no es factible. Así mismo en errores iatrogénicos como la separación de instrumentos o materiales de obturación que sobresalen más allá del ápice. De igual manera en patología cuando se utiliza un abordaje combinado como el tratamiento de un posible quiste radicular y para investigar lesiones sospechosas, o cuando se requiera de una investigación clínica para visualizar directamente una posible fractura vertical (10).

2.5.2. Contraindicaciones de una cirugía periapical

La cirugía periapical esta contraindicada cuando el diente no es restaurable por una inadecuada proporción corona/raíz o un soporte periodontal deficiente y al encontrarnos frente a ciertos factores, tales como (10):

1. Factores anatómicos (e.g. la proximidad a un haz neurovascular).
2. Factores de acceso quirúrgico (e.g. apertura bucal limitada).
3. Factores del paciente (e.g. problemas psicológicos o enfermedades sistémicas).
4. Factores clínicos (e.g. nivel de formación, habilidad y experiencia del operador, así como la disponibilidad de equipo apropiado).

2.5.3. Procedimiento

Este procedimiento consiste en seleccionar el colgajo de elección, una vez levantado el colgajo mucoperiostico se retira el hueso cortical sobre el extremo de la raíz y se localiza el ápice del diente involucrado. El curetaje de los tejidos periapicales; debe ser

meticuloso empleando leguas periodontales para garantizar la total exenteración del tejido perirradicular (11–13). El siguiente paso es la resección del extremo de la raíz. En las técnicas convencionales, la resección se realiza en un ángulo de 45 o 30°. En las técnicas modernas se recomienda la resección de 0 a 10°, lo que reduce el número de túbulos dentinarios expuestos (13,14). El plano debe ser lo más perpendicular posible en relación con el eje longitudinal de la raíz. Generalmente se sugiere un corte de 3 mm como mínimo del ápice para eliminar los conductos accesorios y delta apicales (13). *Kim y Kratchman* informaron que la resección de la punta de la raíz de 3 mm redujo las ramificaciones apicales en un 98% y los conductos laterales en un 93% (14). Después de una revisión cuidadosa del plano de resección, se prepara una cavidad retentiva periapical. Debe tener una profundidad de 3 mm y debe seguir la ruta original del conducto radicular (13). Este procedimiento permite una mínima resección del ápice y facilita la colocación del material de obturación retrógrada (11–13). Comenzó a realizarse en 1976 a través de una fresa de pequeño diámetro, pero hoy en día gracias a la popularización de las puntas de ultrasonido, se prefiere hacer uso de éstas (11). Consiguen realizar una menor osteotomía, mejorar la limpieza del campo quirúrgico y realizar una caja apical menor, sin necesidad de un bisel excesivo, además de disminuir el riesgo de perforaciones radiculares y sus índices de éxito se sitúan entorno al 85-94% (15). *Abdal et al.* afirman que dos factores importantes para el éxito de la cirugía apical a largo plazo son la selección y el uso apropiado del material de obturación retrógrada, el cual debe presentar buenas propiedades biológicas y a la vez prevenir la filtración, debido a que esta conduce al fracaso del tratamiento (16).

2.6. OBTURACIÓN RETRÓGRADA

La obturación retrógrada se considera un procedimiento de suma importancia para sellar el extremo radicular y evitar la presencia de microorganismos en la porción apical. Sin embargo, la exposición de los túbulos dentinarios y la falta de adaptación del material de obturación a las paredes de la cavidad retrógrada pueden comprometer su eficacia. La interacción adecuada entre el material de obturación y la superficie de la cavidad retrógrada depende no solo de las características de los materiales, sino también de las

condiciones de las superficies en el momento de la obturación retrógrada. La eliminación del barrillo dentinario es crucial para proporcionar una interfaz adecuada, lo que conduce a una mejor adaptación del material. Esta condición se puede lograr mediante la irradiación de la dentina con láser Er; Cr: YSGG (17).

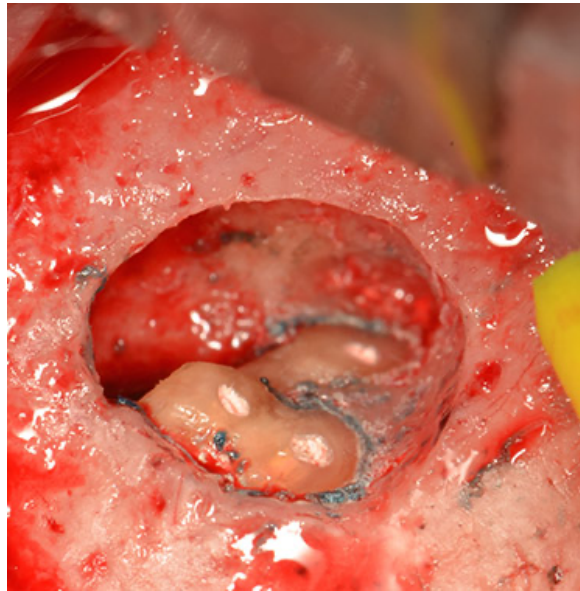


Figura 2. Obturación retrógrada.

En la Figura se observa la imagen de una obturación retrógrada posterior a la resección y retropreparación del tercio apical (4).

2.6.1. Retropreparación y obturación retrógrada

Posterior a la apicectomía, se debe localizar el foramen apical y confeccionar una caja de obturación paralela al eje longitudinal del diente, centrada y que englobe todo el sistema apical del conducto (18,19). El diseño de la caja de obturación debe permitir colocar un volumen suficiente de material y tener retenciones para mantenerlo en su sitio (cavidad retentiva) (11,18). Las dimensiones de la caja de obturación retrógrada han sido discutidas por distintos autores, pero actualmente se acepta que debe tener, como máximo, 3 mm de profundidad y 1.5 mm de diámetro (18,19). Es aconsejable dejar una superficie de 2 mm de dentina alrededor de la caja de obturación. La preparación de la

cavidad se llevará a cabo mediante la utilización de fresas o puntas de ultrasonido adaptadas a las diferentes variaciones anatómicas de los dientes y a las diversas situaciones quirúrgicas (18). La punta ultrasónica se coloca en contacto con la raíz, alineada con el eje longitudinal del diente. (18,20). Se debe trabajar con irrigación constante con agua destilada estéril o suero fisiológico, ejerciendo siempre una ligera presión. La irrigación debe llegar a la punta del ultrasonido para evitar su calentamiento. Se introducirá y extraerá progresivamente la punta ultrasónica del conducto radicular, procurando no variar la posición con respecto al eje del diente y evitando que el ultrasonido quede trabado para no lesionar los tejidos por un aumento brusco de la temperatura. El fondo de la cavidad debe seguir la dirección del conducto radicular, para no debilitar las paredes de la raíz. El tiempo de aplicación de las puntas ultrasónicas para preparar una caja de obturación retrógrada correcta suele oscilar entre 30 s y 2 min (18). Finalizando la cavidad se lava con solución fisiológica estéril para limpiar la cavidad, removiendo los restos de gutapercha, dentina y cemento durante (30 s) y se seca, se procede a la preparación del material de obturación según las indicaciones del fabricante y se coloca a la cavidad. Es importante colocar una gasa de algodón en el fondo de la cavidad ósea, la cual nos servirá como recolector de los restos del material utilizado en la obturación retrógrada (20,21).

2.7. CÁRACTERÍSTICAS MATERIAL IDEAL

La colocación de un material de obturación retrógrada debe proporcionar un sellado apical eficaz. El material ideal debe poder adherirse a las paredes de la cavidad y mantener su capacidad de sellado durante un largo período (17). También debe ser fácil de mezclar, reabsorbible, biocompatible, dimensionalmente estable y no verse afectado por la presencia de humedad. Debe ser capaz de inducir la regeneración del ligamento periodontal, fácil de manipular, radiopaco, no tóxico, ni mutagénico e insoluble. (4,12,17,22,23).

2.8. MATERIALES UTILIZADOS EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA

El material ideal para la obturación del ápice radicular debe tener la capacidad de sellar el contenido del sistema del conducto radicular en el interior del conducto, impidiendo la salida de las bacterias, sus productos o materiales tóxicos hacia los tejidos periapicales. Permitiendo la regeneración de los tejidos (3,8). A lo largo del tiempo se han utilizado distintos materiales para la obturación del ápice radicular (4). *Farrar* fue la primera persona en utilizar la amalgama como material de obturación retrógrada en 1884. Desde entonces, la amalgama ha sido el material de obturación retrógrado más utilizado y ha servido como estándar con el que se comparan otros materiales (24). Debido a ciertas desventajas como la corrosión, filtración marginal, pigmentación y contaminación de los tejidos cayo en desuso (6,11). Además también se utilizaron conos de plata, gutapercha y cavit (8,16,23). Posteriormente en el siglo XX se comienzan a utilizar los cementos a base de óxido de cinc y eugenol (IRM, super EBA), ionómero de vidrio e híbridos compuestos de resina con ionómero de vidrio (Geristore) (4).

2.8.1. Óxido de cinc y eugenol

En 1962, *Nichols* establece su preferencia por el óxido de cinc y eugenol como material de obturación retrógrado, debido a sus propiedades de manejo y resultado postoperatorios exitosos (24). IRM por sus siglas en ingles material restaurador intermedio presenta menor toxicidad que el amalgama y cuenta con una capacidad de sellado moderada (11). SuperEBA surge por primera vez en 1970, presenta mejor adhesión en presencia de humedad además de ser menos tóxico que el IRM a nivel tisular. Ninguno de los presenta capacidad de regenerar el cemento (11,24). Tanto IRM como super EBA exhiben citotoxicidad cuando están recién mezclados, sin embargo disminuye rápidamente a medida que Fragua el cemento (24).

2.8.2. Ionómero de vidrio

Tiene gran capacidad de adhesión química a la dentina, en cuanto a su utilización como material de obturación retrógrada. Su capacidad de sellado es comparada con la

amalgama pero es más biocompatible (11). Es de fraguado lento, difícil de manipular y su reacción de fraguado se ve afectada por la humedad. Como no es posible garantizar que el sitio quirúrgico esté libre de humedad durante la reacción de fraguado, los cementos de ionómero de vidrio no pueden recomendarse como obturaciones ideales para los extremos radiculares (24).

2.8.3. Biocerámicos

Los materiales antes mencionados han demostrado ser compatibles con la cicatrización de tejidos y regeneración del hueso alveolar, pero nunca han logrado inducir la formación de cemento y la reparación completa del ligamento periodontal (25). Es por eso, por lo que surgen los materiales biocerámicos son materiales que en su composición incluyen alúmina, zirconia, vidrio bioactivo, vidrios cerámicos, hidroxiapatita y fosfatos de calcio reabsorbibles entre otros (26,27). Estos fueron definidos por *Raghavendra et al.* en el 2017 como materiales cerámicos biocompatibles u óxidos metálicos con capacidad de sellado mejorada, actividad antibacteriana y antimicótica (28). Existen tres categorías de biocerámicos: bioinertes, capaces de rellenar tejidos y ser tolerados por el organismo. bioactivos, tolerados por el organismo con capacidades de osteoconducción y biodegradables, con capacidad de ser degradados en ambiente biológico y remplazado por hueso (26,29). Estos materiales presentan propiedades antibacterianas cuando está completamente fraguado, son biocompatibles e incluso bioactivos. Cuando los materiales biocerámicos entran en contacto con fluidos de los tejidos, liberan hidróxido de calcio, que puede interactuar con los fosfatos en los fluidos de los tejidos para formar hidroxiapatita. Por las razones anteriores, estos materiales se recomiendan para la obturación retrógrada (26).

2.8.4. MTA

El Agregado de Trióxido Mineral (MTA) surge en 1993 por Mahmoud Torabinejad, pero fue aprobado hasta 1998 por la FDA (24,28). El MTA tiene varias aplicaciones clínicas en endodoncia como el manejo de la reabsorciones radiculares internas o externas, apexificación, recubrimiento pulpar, pulpotomía, obturación el extremo radicular,

reparación de perforaciones radiculares y de furca (16,30). Los autores han conocido los siguientes materiales comerciales ProRoot MTA gris, ProRoot MTA blanco y MTA Angelous (28,30). La relación de líquido y polvo recomendada es 3:1 (24). Aunque tiene una biocompatibilidad superior en comparación con los materiales tradicionales utilizados en obturación retrógrada (30). Tiene un tiempo de fraguado de hasta 3 h (31). En el caso particular de ProRoot el fraguado final es de 2 h y 45 min. Este material requiere de humedad para desarrollar sus propiedades de manera óptima, es recomendable la colocación de una torunda de algodón húmedo al material. Lo cual se interpreta como la necesidad de tener una cita adicional para su remoción. Es por eso, por lo que se han propuesto diversos aceleradores para reducir el tiempo de fraguado como el cloruro de calcio al 3 y 5%, carbonato de calcio, quitosán y otros (28).

2.8.4.1. Composición Química

Está compuesto principalmente de un polvo fino de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato férrico tetracálcico, sulfato de calcio, óxido tricálcico, óxido de silicatos y óxido de bismuto (28).

2.8.4.2. Propiedades

Dentro de sus propiedades podemos encontrar su resistencia a la compresión, esta se correlaciona con la etapa de hidratación del material y la presión durante la aplicación. El MTA posee una Resistencia de 40 Megapascales (MPa) las 24 h y 67 MPa los 21 días (28). Es un material biocompatible, no es mutagénico, ni neurotóxico. Se ha demostrado en cultivos celulares que es uno de los materiales menos citotóxicos (20,24,25,27). Además es cementoinductivo y osteoconductor (28,31). Presenta ligera solubilidad, esta se asocia con la presencia de óxido de bismuto en su composición como radiopacificador, aumenta la porosidad del cemento, disminuyendo su estabilidad mecánica y aumentando su solubilidad (28). Una de las mejores propiedades es su potencial de hidrogeniones (pH), tiene un pH inicial de 10.2 que se eleva a 12.5 después de 3 h después de la mezcla (16,24,28). Esto le confiere propiedades antibacterianas (24,31).

2.8.4.3. Mecanismo de acción

El MTA entra en contacto con los fluidos de los tejidos, libera hidróxido de calcio que puede interactuar con los fosfatos en los fluidos de los tejidos para formar hidroxiapatita. La formación de hidroxiapatita en la superficie del MTA logra mejorar el enlace químico entre MTA y la dentina promoviendo la remineralización de los tejidos duros circundantes (24,31).

2.8.4.4. Ventajas

El MTA previene la microfiltración, es biocompatible, tiene excelente adaptación marginal y promueve la regeneración de los tejidos. Otra ventaja del MTA sobre otros materiales es su capacidad de inducir la formación de cemento y células óseas. En un estudio realizado con microscopio electrónico de barrido por *Torabinejad et al.* el MTA tuvo una mejor adaptación a las paredes de la dentina en el ápice en comparación de amalgama, superEBA e IRM (32).

2.8.4.5. Desventajas

Dentro de sus desventajas podemos encontrar su difícil manipulación, tiempo de fraguado prolongado, decoloración sobre todo en el sector anterior, alto costo, la alteración de sus características por una inadecuada relación polvo-líquido y su necesidad de humedad ambiental (30,31,33).

En el 2008 surgen los materiales biocerámicos premezclados en norteamérica. EndoSequence BC RRM (Root Repair Material) en pasta, EndoSequence BC RRM fast set putty y de FKG Totalfill BC RRM Pasta y Totalfill BC RRM putty (26). La ventaja de esta presentación es evidente, ya que se ahorra tiempo y se logra obtener un cemento homogéneo y bien proporcionado en sus componentes (34). Estos materiales son hidrofílicos, insolubles, radiopacos, libres de aluminio y presentan un pH elevado (26,34).

2.8.5. EndoSequence BC RRM

Se introduce en el mercado un nuevo material: EndoSequence Root Repair Material (ERRM; Brasseler, Savannah,GA). Se encuentra disponible como pasta y también en forma de masilla. La jeringa cuenta con puntas que se pueden utilizar para colocar el material dentro del conducto (35). Es hidrófilico, insoluble, radiopaco y libre de aluminio con un pH alto y requiere de humedad para fraguar y endurecer (36). Tiene un tiempo de trabajo de 30 min y un tiempo de fraguado de aproximadamente 4 h en condiciones normales, dependiendo de la cantidad de humedad disponible (35,36). Posteriormente surge EndoSequence BC RRM fast, presentado recientemente con un menor tiempo de fraguado conservando las propiedades del original (36). La presencia de humedad es necesaria para que el material fragüe y endurezca. Sin embargo, la humedad presente en los túbulos dentinarios debería ser suficiente (37).

2.8.5.1. Composición Química

Esta compuesto por silicatos de calcio, fosfato de calcio monobásico, óxido de circonio, óxido de tantalio y agentes de relleno (31,35).

2.8.5.2. Propiedades

Dentro de sus propiedades podemos encontrar que es un material resistente a la compresión, su resistencia a la compresión es significativamente mayor que la del MTA blanco y gris (37). Es bioactivo, estudios realizados revelaron que puede tener una viabilidad celular similar al MTA (35). En cuanto a su fuerza de unión, presenta mayor fuerza de unión en el conducto radicular que MTA (37). Su potencial de hidrogeniones (pH), es de 12.7 al fraguar similar al hidróxido de calcio, por lo tanto presenta actividad antibacteriana y se ha comparado con MTA mostrando resultados antimicrobianos similares frente *E. faecalis* (35,36).

2.8.5.3. Ventajas

En estudios *in vitro* no ha demostrado ser citotóxico para los tejidos (37). En estudios *in vivo* realizados *Shinbori et al.* Los autores examinaron los resultados clínicos de la cirugía endodóntica con la aplicación de EndoSequence como material de obturación del extremo radicular. Analizaron historias clínicas y radiografías de 113 casos con un seguimiento mínimo de 1 año. La tasa de éxito fue del 92%, lo que sugiere que EndoSequence puede ser una alternativa exitosa en obturación retrógrada (37).

2.8.5.4. Desventajas

No estimula la formación de hidroxiapatita en la superficie. Además, las condiciones ambientales, como la presencia de sangre, afectan la hidratación de ERRM y, en consecuencia, su interacción con los tejidos (37).

2.8.6. NeoPutty

Es un material biocerámico bioactivo premezclado con propiedades de manipulación superiores, que promueve la formación de hidroxiapatita para apoyar el proceso de reparación. Se encuentra disponible en dos presentaciones una jeringa de 1.2 g para 16 dosis y una jeringa de .65 g para 9 dosis. Tiene un tiempo de trabajo de 1 hora y un tiempo de fraguado de 4 h (38).

2.8.6.1. Características

Tiene una vida útil de 3 años, cuenta con la radiopacidad más alta de su clase 8.1 mm con respecto al aluminio para una mejor comprobación de la ubicación y seguimiento. Es dimensionalmente estable sin contracción para asegurar un buen sellado, minimizando la posibilidad de filtración bacteriana. Además, es libre de resina para una bioactividad máxima. No mancha y tiene una consistencia ideal; firme y no adhesiva que facilita la colocación y condensación (38).

2.8.6.2. *Propiedades*

pH alcalino que ha demostrado in vitro tener un efecto antimicrobiano, tiene una vida útil de 3 años (38).

2.8.6.3. *Mecanismo de acción*

Promueve la formación de hidroxiapatita en la superficie mediante la liberación de iones de hidróxido de calcio (38).

2.8.6.4. *Ventajas*

Es bioactivo, biocompatible, dimensionalmente estable, no citotóxico, no genotóxico, no es necesario secarlo porque ofrece una consistencia ideal, firme y de baja adherencia sin secarse entre usos (38).



Figura 3. NeoPutty.

2.8.7. Edge Bioceramic Retrofill

Es un material biocerámico premezclado a base de silicato de calcio, desarrollado para la reparación permanente del conducto radicular y aplicaciones quirúrgicas. Es insoluble, radiopaco, libre de aluminio, requiere de la presencia de agua para fraguar y presenta

excelentes propiedades físicas. La reacción de fraguado comienza tan pronto como el material se pone en contacto con un ambiente húmedo. El tiempo de fraguado es de 2 h en condiciones normales y el tiempo de trabajo es de 30 min (39).

2.8.7.1. Composición

Silicato de calcio (39).

2.8.7.2. Propiedades

Es biocompatible y tiene una viabilidad celular similar a la del MTA (40). Además, es hidrofílico y presenta un pH alcalino que le confiere propiedades antibacterianas similares a las del MTA (36,37).

2.8.7.3. Ventajas

La cantidad de humedad necesaria para completar la reacción de fraguado está presente de forma natural dentro de la dentición. Por lo tanto, no es necesario agregar humedad en el conducto radicular antes de colocar el material. Es radiopaco, resistente al lavado, no se encoge y es económico (39,40).



Figura 4. EdgeBioCeramic Retrofiill and Perforation Repair Material.

2.9. CAPACIDAD DE SELLADO

La capacidad de sellado es definida como la capacidad que tiene un material para resistir la microfiltración en todo su espesor (41). Es probable que esta se encuentre más relacionada con la presencia de material en los túbulos dentinarios que con la profundidad de penetración (17).

Se han sugerido numerosos materiales para la obturación del extremo de la raíz. Sin embargo, no hay un material universalmente aceptado como el mejor. A lo largo del tiempo se ha buscado evaluar la eficacia del sellado apical y el grado de adaptación mediante diversos métodos y dispositivos entre ellos: la penetración de colorantes (azul de metileno, eosina y nitrato de plata), radioisótopos, penetración bacteriana, microscopía de barrido electrónico, láser confocal, medios electroquímicos y técnicas de filtración de fluidos (36,37,39).

La técnica más utilizada por muchos investigadores por ser un método simple y económico es la penetración del tinte. *Prasanti k et al.* utilizaron el colorante azul de metileno por su pequeño peso molecular que le proporciona un alto grado de penetrabilidad (22,43).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El éxito de la cirugía perirapical se debe principalmente al material de obturación retrógrada, su objetivo principal es evitar que los antígenos del sistema de conductos vayan a los tejidos perirradiculares. Por lo tanto es importante que el material de elección sea biocompatible, estable en entornos biológicos, que no se contraiga, pero sobre todo que se expanda tras finalizar su fraguado para asegurarnos un sellado hermético apical. Considerando lo anterior, en el presente estudio se plantea evaluar la eficacia del sellado apical de los cementos biocerámicos EdgeBioceramic Retrofill, NeoPutty Y EndoSequence Root Repair Material en la obturación retrógrada de incisivos centrales maxilares extraídos.

IV. JUSTIFICACIÓN

A lo largo del tiempo se han utilizado diversos materiales en cirugía periapical para la obturación retrógrada, con la finalidad de encontrar un material que reúna las características para lograr un sellado hermético y tridimensional. A la fecha los más reconocidos debido a sus propiedades son los materiales biocerámicos por su capacidad de sellado, biocompatibilidad y bioactividad. Sin embargo, su difícil manipulación ha hecho necesaria la búsqueda de materiales con mejores propiedades. Es por ello por lo que las casas comerciales han buscado facilitar su colocación creando los materiales biocerámicos premezclados, la ventaja de la presentación es evidente, ya que nos ahorra tiempo y se obtiene una mezcla más homogénea. Sin embargo, para muchos de los cementos no existen estudios donde se respalde la eficacia del sellado apical.

La información obtenida a partir de este proyecto nos permitirá determinar si existe diferencia estadísticamente significativa en la eficacia del sellado apical de los cementos biocerámicos EdgeBioceramic, NeoPutty (ambos de reciente lanzamiento al mercado) y EndoSequence Root Repair Material utilizados en obturación retrógrada.

V. HIPÓTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La caracterización planteada en este trabajo de investigación nos permitirá evaluar la eficacia del sellado apical de los cementos biocerámicos EdgeBioceramic, NeoPutty y Endosequence como materiales para obturación retrógrada.

5.2. HIPÓTESIS NULA

No existirá diferencia estadísticamente significativa al comparar la eficacia del sellado apical de EdgeBioceramic, NeoPutty y EndoSequence, con un nivel de confianza del 95%.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Se encontrará diferencia estadísticamente significativa al comparar la eficacia del sellado apical de EdgeBioceramic, NeoPutty y EndoSequence, con un nivel de confianza del 95%.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia del sellado apical de los cementos biocerámicos para obturación retrógrada EdgeBioceramic, NeoPutty y EndoSequence mediante estudios *in vitro*.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar la obturación retrógrada a órganos dentarios unirradiculares extraídos empleando los cementos biocerámicos EdgeBioceramic, NeoPutty y EndoSequence.
2. Evaluar la filtración en órganos dentarios unirradiculares extraídos con obturación retrógrada posterior a su inmersión en azul de metileno al 1% por un periodo de 5 días.
3. Realizar análisis estadístico de los resultados obtenidos.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Tipo de cemento endodóntico: EdgeBioceramic, NeoPutty y EndoSequence.

7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Grado de filtración del azul de metileno al 1%

1`7.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Se evaluará la eficacia del sellado apical de los cementos biocerámicos objeto de estudio en obturación retrógrada. Para su análisis las muestras serán obturadas siguiendo las recomendaciones del fabricante. Posteriormente las muestras fueron inmersas en azul de metileno al 1% e incubadas en condiciones fisiológicas simuladas durante 5 días. Después las muestras fueron seccionadas longitudinalmente para determinar el porcentaje de filtración apical a través de fotografías que se analizaron en el software ImageJ. Por último, se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

Experimental

8.2. UNIVERSO DE ESTUDIO

30 órganos dentarios unirradiculares divididos en 3 grupos:

Grupo 1: (n=10) 10 órganos dentarios con retropreparación y obturación retrógrada con el cemento EdgeBioceramic.

Grupo 2: (n=10) 10 órganos dentarios con retropreparación y obturación retrógrada con el cemento NeoPutty.

Grupo 3: (n=10) 10 órganos dentarios con retropreparación y obturación retrógrada con EndoSequence.

8.2.1. Criterios de inclusión

Incisivos centrales superiores de reciente extracción con raíces completas, sin tratamiento de conductos previo.

8.2.2. Criterios de exclusión

Calcificaciones dentro del conducto radicular, líneas de fractura, reabsorción externa o interna, caries radicular y ápices abiertos

8.2.3. Criterios de eliminación

Desalojo del material de obturación retrógrada o fractura de la raíz durante la metodología.

8.3. MATERIALES E INSTRUMENTAL

Se utilizaron 30 órganos dentarios unirradiculares de un solo conducto de reciente extracción, verificados con un radiovisógrafo Carestream (Kodak) RVG5200 fueron decoronados con un disco de diamante de 0.20 mm, para la preparación biomecánica se utilizaron limas manuales tipo k #15 e instrumentos rotatorios Protaper Gold Dentsply Sirona (Ballaigues, Suiza) en el motor endodóntico X- Smart plus Denstply Sirona (Ballaigues, Suiza). Los conductos fueron irrigados con Hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 5.25% y EDTA (Ácido Etilendiaminotetraacético) al 17%, se secaron con puntas de papel F5 Denstply Sirona (Ballaigues, Suiza) y se obturaron con conos de gutapercha F5 Denstply Sirona, (Ballaigues, Suiza) y gutaperchas accesorias MF (Hygienic, Coltene) con cemento sellador AH Plus Denstply Sirona (Ballaigues, Suiza) y un espaciador endodóntico MA 57 (Hu-Friedy). Para lograr obtener un sellado coronal, el tercio cervical fue sellado con OpalDam Gingival Barrera fotocurable. Para la cirugía endodóntica se utilizó una pieza de mano de alta velocidad con luz e irrigación (W&H Alegria) y una fresa de carburo 169, la retropreparación se realizó con un ultrasonido NSK varios 370 y punta de diamante E32D NSK. La obturación retrógrada se realizó bajo magnificación con el uso de lupas binoculares quirúrgicas (3.5 x 420 mm, cristal óptico con lámpara de cabeza LED) utilizando los cementos EdgeBioceramic Edge Endo (Albuquerque, Nuevo México, USA), NeoPutty Abalon Biomed y EndoSequence Root Repair Material en el grupo correspondiente. Para el fraguado del material se colocaron las muestras en una incubadora VWR Symphony. Para evaluar la filtración las muestras estas fueron inmersas en azul de metileno al 1% y se colocaron en una incubadora SHEL LAB. Por último se colocaron las muestras en una hoja milimetrada y se obtuvieron imágenes con una cámara de fotografía Canon EOS Rebel T6 y un lente macro de 100 mm F/2.8 para posteriormente importar las imágenes en el programa imageJ.

8.4. METODOLOGÍA

8.4.1. Selección de la muestra

Se seleccionaron 30 incisivos centrales maxilares recién extraídos por enfermedad periodontal. Estos fueron almacenados en solución salina y posteriormente se colocaron en hipoclorito de sodio al 5% durante 30 min para eliminar los tejidos blandos y restos periodontales.

8.4.2. Preparación de la muestra

Las coronas se seccionaron en la unión cemento-esmalte usando un disco de diamante de 20 mm en una pieza de baja velocidad, para lograr estandarizar las muestras a una longitud de 15 mm (Figura 5).

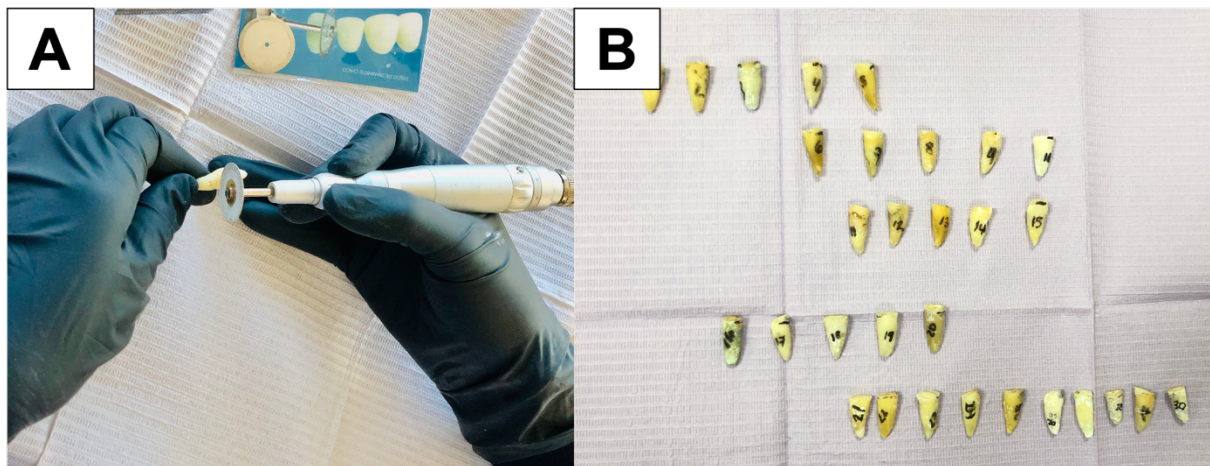


Figura 5. Estandarización de las muestras.

En el panel A) se muestra la decoronación de los organos dentario con un disco de diamante de 20 mm para estandarizar la muestra a 15 mm, en el panel B) se observan las muestras estandarizadas y enumeradas.

8.4.3. Preparación del conducto radicular

Para la preparación del conducto radicular se determino la longitud de trabajo (LT) del conducto utilizando una lima manual tipo K #15 hasta observar la punta a través del foramen apical y se resto 1 mm (Figura 6, panel A), posteriormente se conformó el conducto utilizando el sistema rotatorio Protaper Gold hasta F5 (Figura 6, panel B). Los conductos se irrigaron con 2 ml de NaOCl al 5.25% entre cada cambio de instrumento. Como irrigación final se emplearon 5 ml de NaOCl, realizando una activación sónica de 3 ciclos cada uno de 30 s con un activador E-QS (Figura 6, panel C y D), posteriormente se depositaron 5 ml de agua destilada durante 1 min sin activación para continuar con 2 ml de EDTA al 17% durante 1 min y finalmente 5ml de agua destilada durante 1 min para eliminar la capa de debris. Los conductos se secaron con puntas de papel F5 y se obturaron con gutapercha diseñada para Protaper Gold y cemento sellador AH Plus mediante la técnica de condensación lateral y un espaciador endodóntico MA 57. Para lograr obtener un sellado coronal, las cavidades de acceso fueron restauradas con OpalDam.

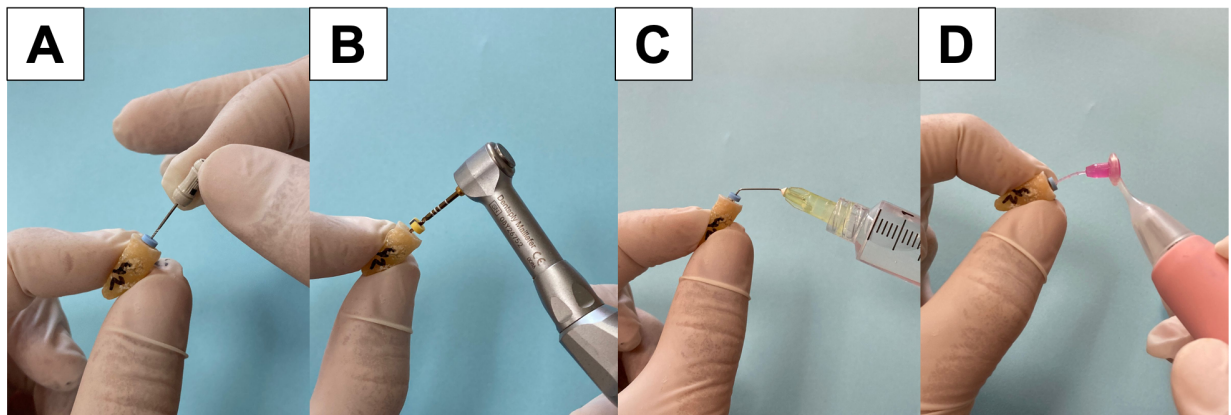


Figura 6. Preparación del conducto radicular.

En el panel A) se muestra la longitud de trabajo con una lima tipo K #15, en el panel B) la instrumentación del conducto radicular con Protaper Gold, en el panel C) protocolo de irrigación con hipoclorito de sodio y por último en el panel D) la activación del irrigante con activador EQ-S.

8.4.4. Preparación de la raíz

Se realizó una resección de los últimos 3 mm apicales de cada raíz con una pieza de baja velocidad y una fresa de carburo 169 bajo agua constante (Figura 7). Se preparó una cavidad apical de una profundidad de 3 mm de diámetro con una punta de diamante en un dispositivo ultrasónico y se verificó la profundidad con una sonda de Williams (Figura 8). Posteriormente las muestras se dividieron en 3 grupos, dependiendo del material de obturación retrógrada. La evaluación de la eficacia del sellado apical se realizó mediante filtración con azul de metileno al 1% Grupo 1 (n=1): 10 muestras con el cemento EndgeBioceramic. Grupo 2 (n=2): 10 muestras con el cemento NeoPutty. Grupo 3 (n=3): 10 muestras de control con EndoSequence.



Figura 7. Radiografía de retropreparación.

8.4.5. Obturación de la cavidad retrógrada

Los materiales se mezclaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante y luego se llevó el material de obturación retrógrada a la cavidad con un atacador manual BL-S Kondenser de B&L para compactarlo y se removió el exceso de material con una torunda de algodón (Figura 8). Todo esto fue realizado bajo la utilización de lupas binoculares quirúrgicas. Posteriormente se tomaron radiografías ortoradiales y mesoradiales para el llenado adecuado del material (Figura 9).

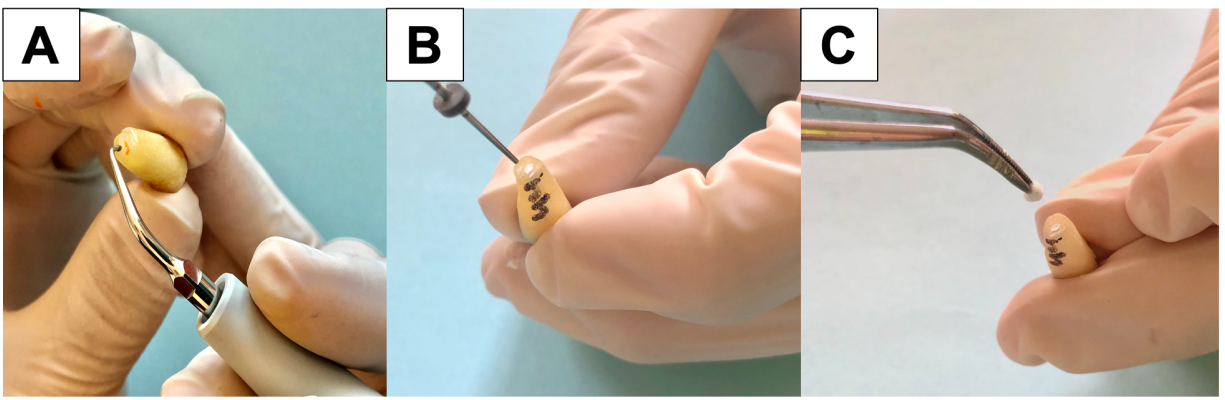


Figura 8. Preparación de la raíz y obturación retrógrada.

En el panel A) se observa la retropreparación con una punta ultrasónica E32D NSK, en el panel B) se puede apreciar la compactación del material de obturación retrógrada y por último en el panel C) la eliminación del material excedente.

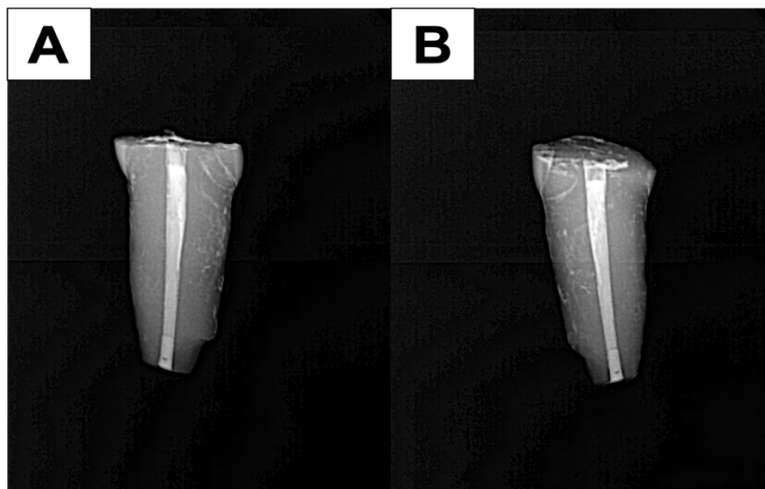


Figura 9. Radiografías de obturación retrógrada.

Las muestras se almacenaron individualmente en tubos eppendorf de 1.5 ml. Con una torunda de algodón embebida en agua bidestilada durante 72 h en una incubadora a 37 °C para asegurar el 100% de humedad y el fraguado de los cementos. Después de las 72 h las muestras se retiraron de la incubadora y las torundas de algodón fueron

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

removidas de los tubos eppendorf. Una vez fraguados los cementos se impermeabilizaron todas las raíces con 3 capas de barniz de uñas transparente a excepción de 1 mm apical dejándose secar por 4 h entre cada capa (Figura 10). Con el apoyo de magnificación (lupas binoculares quirúrgicas) para asegurar la impermeabilización de las muestras.



Figura 10. Barniz transparente.

En el panel A) se observan muestras del uno al tres barnizada con esmalte chanel, en el panel B) se observa un acercamiento de las muestras barnizadas.

8.4.6. Método de evaluación con azul de metileno al 1%

Las torundas de algodón embebidas en agua bidestilada fueron sustituidas por (400 μ l) de azul de metileno al 1%, colocándolo lentamente con una jeringa hipodérmica de 10 ml y una aguja endodóntica de 27 mm hasta el tercio medio de la raíz (Figura 11).

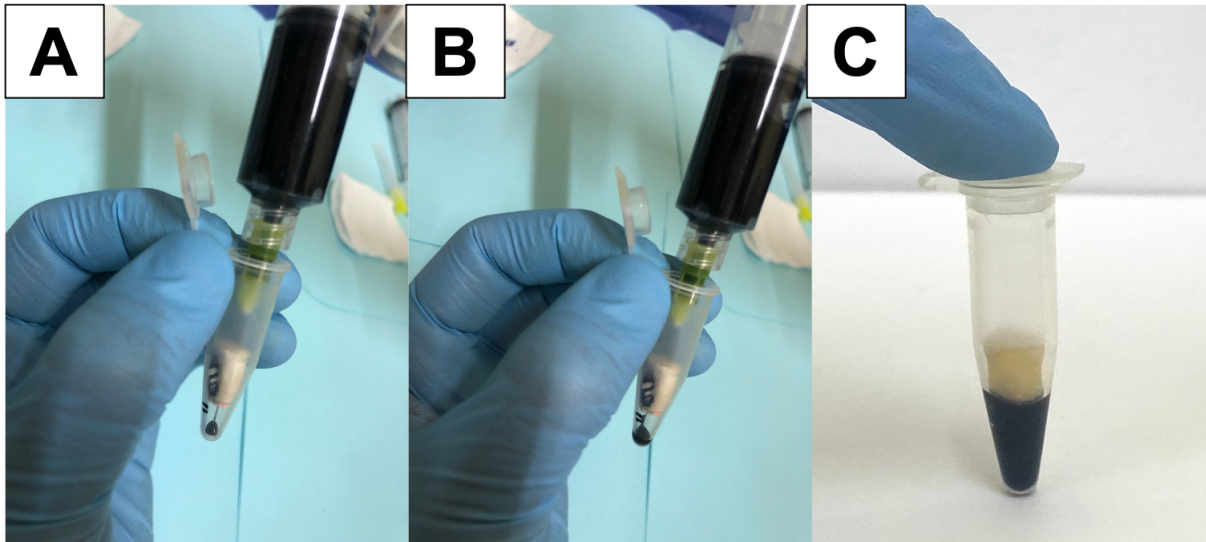


Figura 11. Colocación de azul de metileno.

En el panel A) se observa la colocación de azul metileno con una jeringa hipodérmica de 10 ml y una aguja endodóntica, en el panel B) Se observa como se va depositando en incrementos y en el panel C) Se observa el azul de metileno hasta el tercio medio.

Las muestras fueron incubadas a 37 °C en un agitador de vaivén a 70 rpm por 5 días esto para que la tinta penetrará correctamente en los dientes (Figura 12). Posteriormente se eliminó el exceso de azul de metileno con aspiración negativa y una gasa (Figura 13). Las muestras fueron seccionadas longitudinalmente con un disco de diamante de 0.20 mm en un micromotor, añadiendo Endo Ice directamente para mantener la línea de corte y sin irrigación para no modificar la filtración del tinte (Figura 14).

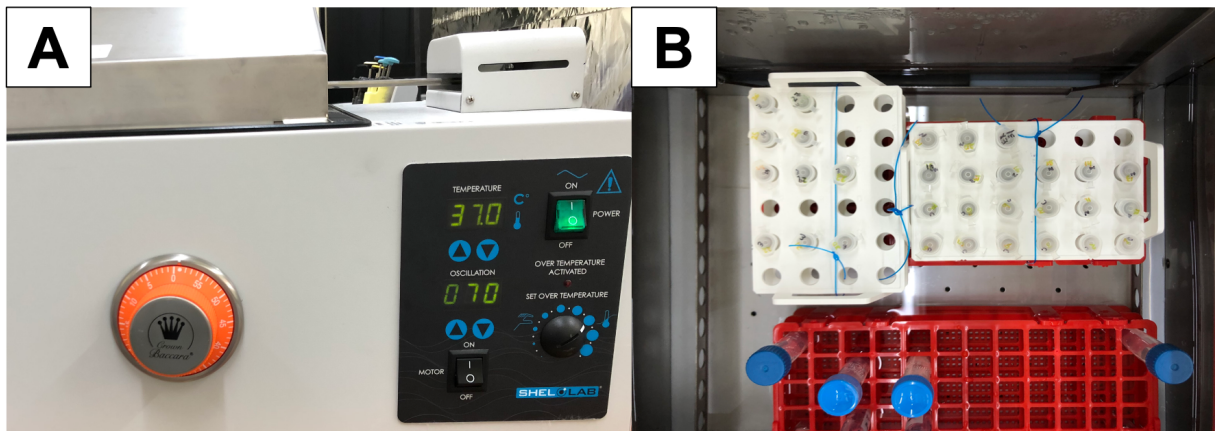


Figura 12. Incubación de las muestras.

En el panel A) se observa la incubadora SHEL LAB a 37 °C con oscilaciones de 70 RPM, en el panel B) se observan las muestras dentro de la incubadora.

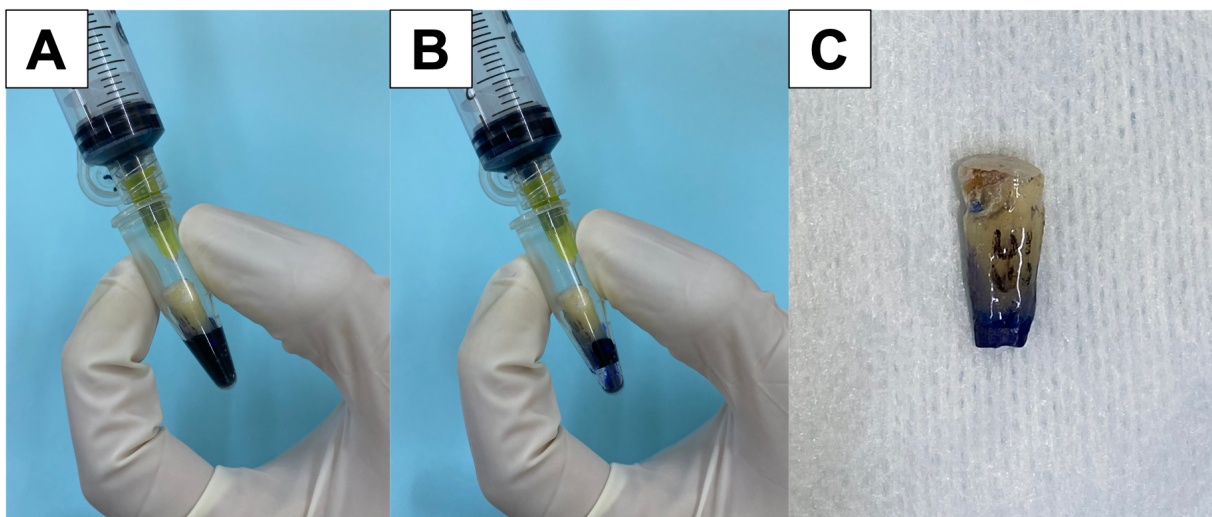


Figura 13. Eliminación del exceso de azul de metileno.

En el panel A y B) se observan la aspiración de azul de metileno con una jeringa de 10 ml y una aguja endodóntica calibre 27, en el panel C) se observa la muestra posterior a su limpieza con gasa.

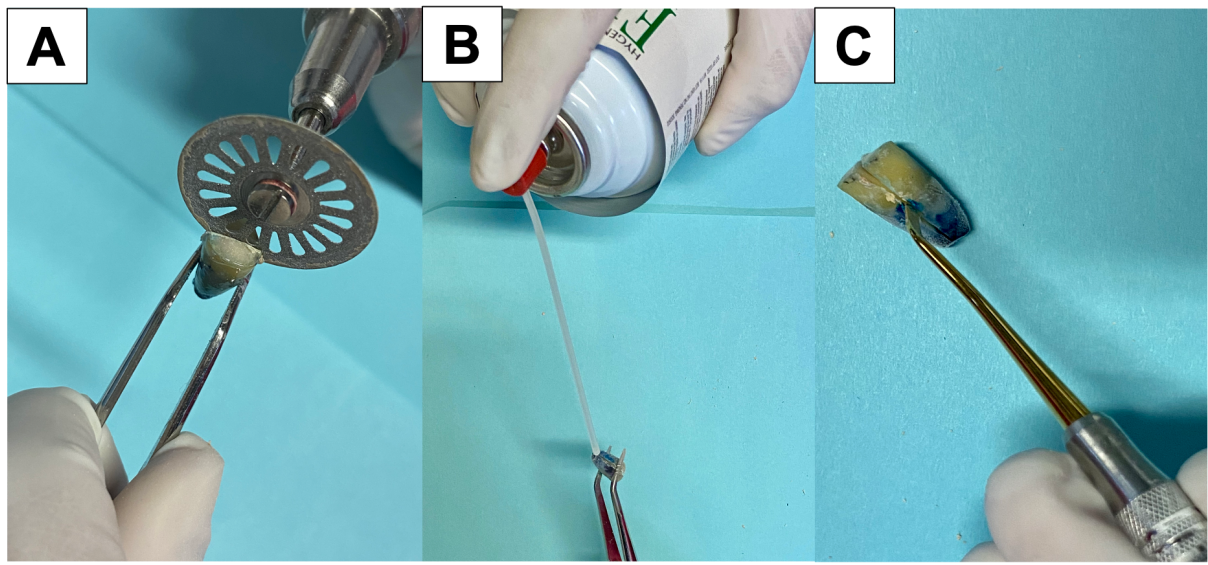


Figura 14. Seccionamiento de las muestras.

En el panel A) se observa el corte en sentido longitudinal con un disco de diamante en un micromotor, en el panel B) se puede apreciar la colocación de ENDO-ICE en la muestra y por último en el panel C) se utiliza una espátula de resina para seccionar la muestra.

8.4.7. Análisis de la filtración longitudinal con azul de metileno al 1% en el interior del conducto

Las muestras seccionadas, se colocaron en una hoja milimétrica centradas y se tomaron fotografías con una cámara Canon, las fotografías adquiridas se importaron al programa ImageJ como archivo JPG. La herramienta fue calibrada con ayuda de las hojas milimétricas (10 mm). Para realizar la medición se trazo una línea para medir la longitud total del lado izquierdo y del lado derecho del material de obturación retrógrada posteriormente se trazo otra línea para medir la filtración del lado izquierdo y derecho desde el ápice hasta el último punto de filtración a lo largo del conducto radicular, obteniendo un porcentaje de filtración de cada muestra.

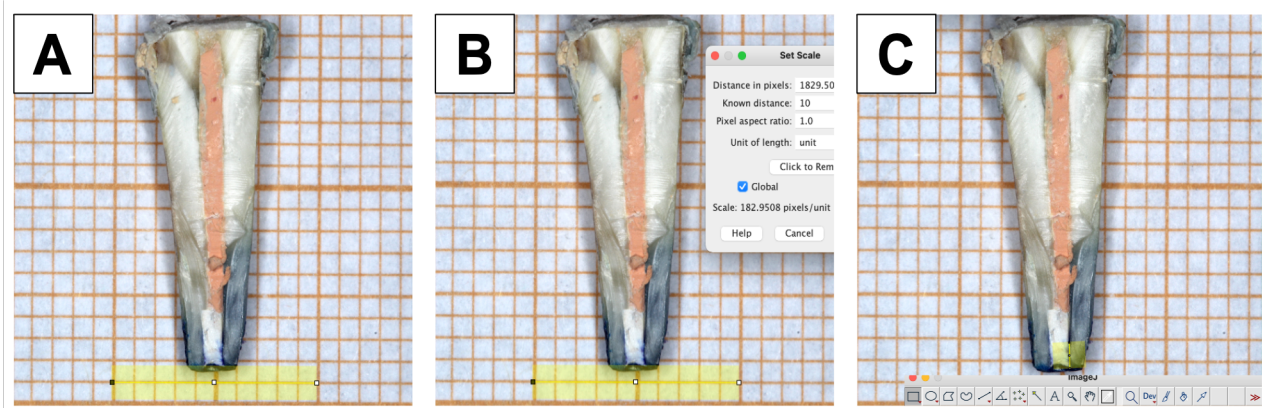


Figura 15. Análisis por imagen.

En el panel A) se observa la importación de la imagen en formato JPG, en el panel B) se establece la escala con respecto a la hoja milimétrica y en el panel C) medición de filtración

Se utilizó la herramienta show the magnifier de una computadora MacBook Air para poder observar la filtración con aumento (Figura 16).

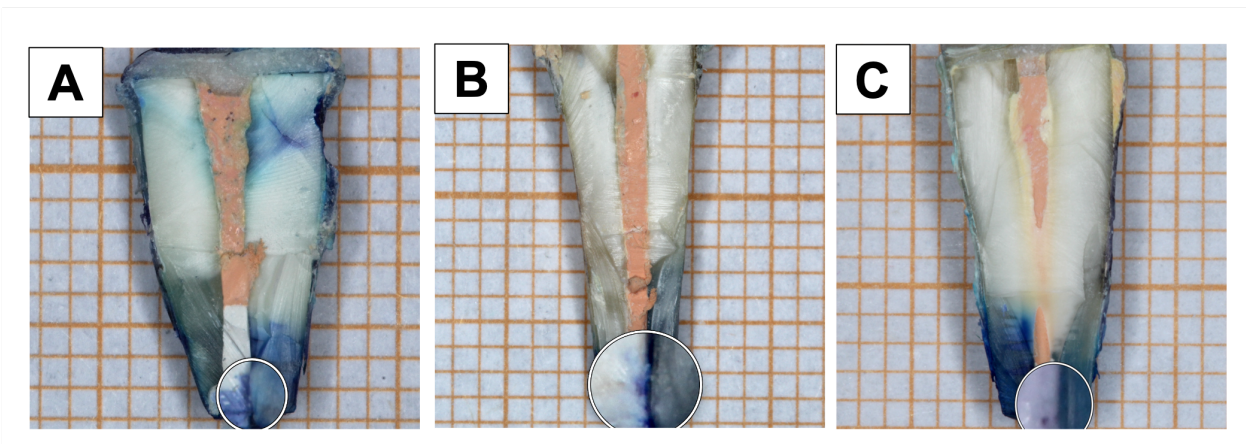


Figura 16. Filtración apical.

En el panel A) se observa la filtración de una muestra obturada con el cemento biocerámico NeoPutty, en el panel B) se observa la filtración de una muestra obturada con el cemento biocerámico EndoSequence RRM, en el panel C) se observa la filtración de una muestra obturada con EdgeBioceramic Retrofiill.

8.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

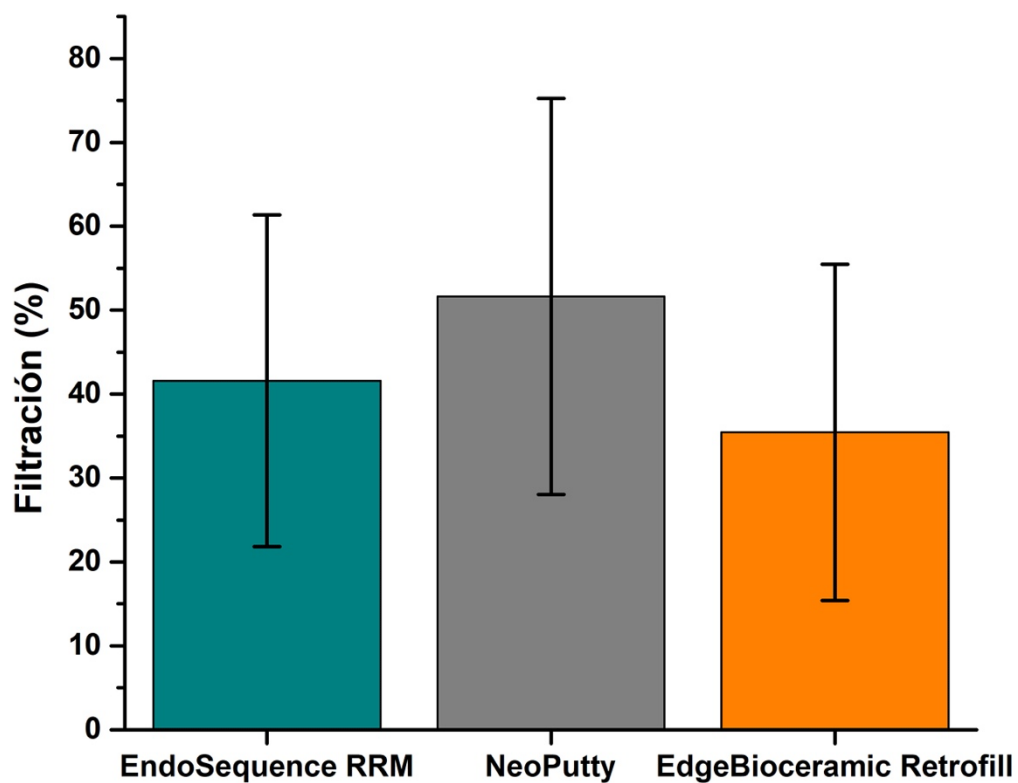
Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente con la técnica de análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) de un factor en conjunto con los métodos Post hoc Bonferroni y Tukey. La diferencia estadística fue considerada como significativa a $p < 0.05$.

IX. RESULTADOS

9.1. Análisis por imagen del porcentaje de filtración de azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular

La eficacia del sellado apical se determinó a los 5 días de incubación de las muestras en azul de metileno al 1% a 37 °C en condiciones fisiológicas simuladas con un agitador de vaivén a 70 rpm, posteriormente fueron evaluadas por medio de imágenes analizadas en el programa ImageJ. Los resultados obtenidos se muestran en la **Error! Reference source not found. Error! Reference source not found.**

A partir de la **Error! Reference source not found.** se puede observar que el cemento de obturación retrógrada EdgeBioceramic tiene un porcentaje de filtración de 35%, mientras que el cemento de obturación retrógrada NeoPutty tiene un porcentaje de filtración de 51% y EndoSequence Root Repair Material tiene un porcentaje de filtración de 41%. El análisis estadístico de los resultados demostró que no existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) al comparar los porcentajes de filtración de los cementos biocerámicos para obturación retrógrada EdgeBioceramic, NeoPutty y EndoSequence. Con base a lo anterior, se confirma la hipótesis nula (H_0) de este estudio.



2

Figura 17. Porcentaje de filtración de los cementos para obturación retrógrada EndoSequence RRM, NeoPutty y EdgeBioceramic.

Las columnas de la gráfica representan el promedio de los resultados obtenidos y las barras verticales representan la desviación estandar.

X. DISCUSIÓN

El fracaso del tratamiento endodóntico puede deberse a variaciones en la anatomía, instrumentos separados, variaciones apicales, obturaciones inadecuadas, conductos calcificados y raíces dilaceradas. En la mayoría de los casos se resuelven realizando un tratamiento endodóntico convencional, sin embargo; en situaciones como las antes mencionadas puede ser necesaria una intervención quirúrgica (44). El objetivo del tratamiento quirúrgico es sellar el área del foramen apical para evitar la entrada/salida de bacterias y sus subproductos a los tejidos periapicales (14,22,45–47). Esto evita la recontaminación del área periapical por cualquier irritante que quede dentro del conducto radicular y ayuda a la regeneración del periodonto(46). Por lo tanto, el éxito del tratamiento quirúrgico es dado principalmente por una adecuada adhesión del material de obturación retrógrada (14,16,45). Como componente del protocolo clínico se han utilizado diferentes ángulos durante la resección apical. Tradicionalmente a 45°. Pero ha sido reportado que cuando se realiza en esta angulación se ha incrementado la filtración. El aumento de filtración se debe principalmente a que se expone mayor cantidad de túbulos dentinarios que un corte plano de 0°. Por lo tanto, se propone que el borde perfecto de resección sea plano ya que minimizara la filtración apical. Es por ello que en este estudio se realizó a 0°(44). Además en este estudio, la resección de la raíz se realizó a una profundidad de 3 mm para eliminar conductos laterales o ramificaciones apicales, debido a que se ha reportado que al realizarse a 3 mm se reducen las ramificaciones apicales en un 98% y los conductos laterales en un 93% (43).

El material de elección además de cumplir con ciertas características debe ser atóxico, mostrar buena tolerancia por los tejidos circundantes y debe ser capaz de promover la cicatrización. Además, debe ser no corrosivo, no manchar, ser fácil de manipular, biocompatible, electroquímicamente inactivo y radiopaco. Otras cualidades deseables son la estabilidad dimensional, ser impermeable a la humedad y no absorbible (14,45,48).

La ausencia de un material que reúna las características ideales para lograr un sellado hermético en obturaciones retrógradas hace que continuamente se estén evaluando los materiales más utilizados y se prueben otros nuevos (48,49). Estos deben ser evaluados en comparación con materiales similares para evaluar su rendimiento de sellado a lo largo del tiempo y establecer una predictibilidad clínica (50,51).

El objetivo del presente estudio fue evaluar los nuevos cementos EdgeBioceramic y NeoPutty comparando su eficacia de sellado apical en obturación retrógrada con EndoSequence Root Repair Material.

EL sellado apical obtenido por los materiales de obturación retrógrada se ha evaluado mediante diversas maneras, grado de penetración del tinte (azul de metileno, fucsina, rodamina b, tintes fluorescentes), penetración bacteriana, compuestos químicos (nitrato de plata), técnica de filtración de fluidos y métodos electroquímicos (14,43). La técnica de penetración del tinte es el método más utilizado para evaluar la capacidad de sellado de materiales dentales. El tinte azul de metileno se usa ampliamente por conveniencia y su pequeño peso molecular debido a que le confiere un alto grado de penetrabilidad (14,43). Lo que nos indica que cuando un material de obturación no permite la penetración de moléculas pequeñas, tendrá el potencial de prevenir el escape de sustancias más grandes como las bacterias y sus subproductos (22). Debido a lo antes mencionado en este estudio se utilizó azul de metileno al 1%. También es importante recalcar que la evaluación de la microfiltración apical ha recibido críticas importantes en cuanto a la eventual falta de relevancia clínica debido al hecho de que las filtraciones parecen inevitablemente observadas a pesar de que el éxito clínico es razonablemente bueno. Sin embargo, sigue siendo un método adecuado empleado en muchos proyectos experimentales recientes para la evaluación de la resistencia a la filtración de materiales actuales como cementos bioagregados (51). La filtración pasiva del colorante no es un buen método de estudio, ya que la densidad y tensión superficial de este puede impedir que penetre correctamente en el foramen apical. Es por ello que se debe realizar un proceso de activación dinámica para favorecer su difusión (52). En este estudio la filtración se llevó a cabo en un agitador de vaivén para lograr que el tinte penetrara adecuadamente en apical.

En estudios *in vivo* realizados *Shinbori et al.* Los autores examinaron los resultados clínicos de la cirugía endodóntica con la aplicación de EndoSequence como material de obturación del extremo radicular. Analizaron historias clínicas y radiografías de 113 casos con un seguimiento mínimo de 1 año. La tasa de éxito fue del 92%, lo que sugiere que EndoSequence puede ser una alternativa exitosa en obturación retrógrada (37).

En otro estudio se comparó la adaptación marginal de EndoSequence Root Repair Material pasta con EndoSequence Root Repair Material putty y MTA como materiales de obturación retrógrada. Se utilizaron 36 dientes unirradiculares a los cuales se les realizó una resección de 3 mm, se preparó la cavidad retrógrada con punta ultrasónica y se colocaron los materiales antes mencionados. El espacio entre el material de obturación y la dentina fue medido con la utilización de un Microscopio Electrónico de barrido (SEM). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, ERRM putty demostró mayor adaptación en comparación con ERRM pasta (53).

En otro estudio *in vitro* se evaluó la capacidad de sellado en obturación retrógrada de los cementos biocerámicos NeoMTA y EndoSequence Root Repair Material Putty en 50 órganos dentarios unirradiculares, se realizó la resección de los 3 mm apicales y se obturaron con los materiales antes mencionados, se dividieron aleatoriamente las raíces para ensayos de filtración con azul de metileno y evaluación de la interfase con Microscopia Electrónica de Barrido (SEM). Los resultados de análisis por imagen de la longitud de filtración no mostraron diferencias estadísticamente significativas (50).

Para comparar los resultados de los estudios sobre la adaptación marginal del material de obturación del extremo radicular, se deben considerar varios factores tales como el diseño de los estudios, el plano de corte de la raíz y los métodos de medición de espacios, con el fin de obtener una mejor comparación entre los hallazgos de los diferentes estudios (53).

Debido a lo anterior, en este estudio la experimentación fue llevada a cabo simulando condiciones fisiológicas extremas a 37 °C por 5 días y en un agitador de vaivén a 70 rpm

asegurando la difusión del azul de metileno al 1%, al interior del conducto, rompiendo la tensión superficial del material de obturación con la dentina.

En este estudio se demostró que no existió diferencia estadísticamente significativa al comparar los porcentajes de filtración del azul de metileno al 1% entre los cementos de obturación retrógrada EdgeBioceramic, NeoPutty y EndoSequence Root Repair Material ($p < 0.05$).

Los resultados encontrados en este estudio demostraron que los cementos de nuevo lanzamiento al mercado EdgeBioceramic y NeoPutty presentan una eficacia de sellado apical, similar a la exhibida por el cemento EndoSequence, el cual ha sido utilizado en la última década como material de elección para obturación retrógrada por su alta tasa de éxito en el sellado apical.

XI. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un estudio *in vitro* para evaluar la eficacia de sellado apical de los cementos biocerámicos EdgeBioceramic Retrofill, NeoPutty y EndoSequence Root Repair Material por medio de la prueba de filtración con azul de metileno al 1%

1. Los resultados de filtración con azul de metileno al 1% demostraron que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los porcentajes de filtración al emplear los cementos biocerámicos EdgeBioceramic (35%), NeoPutty (51%) y EndoSequence Root Repair Material (41%) ($p < 0.05$).
2. Con base a lo anterior, se confirma la hipótesis nula (H_0) de este proyecto.
3. Se valida que la metodología empleada en este estudio es adecuada para evaluar la eficacia de sellado apical de los cementos objeto de estudio dado que al emplear agitación dinámica se promueve la ruptura de la tensión superficial del material obturación y la pared dentinaria del conducto permitiendo la difusión del azul de metileno al interior.
4. El empleo de una molécula que presenta alto grado de penetrabilidad (azul de metileno) es un indicador de que el material de obturación retrógrada presenta un alto sellado apical e impedirá la entrada de bacterias y sus productos.
5. EdgeBioceramic y NeoPutty de reciente lanzamiento al mercado presentan una eficacia alta en el sellado apical como materiales de obturación retrógrada al compararse con EndoSequence, que en la actualidad es el material de elección presentando una tasa de éxito del 92%.

XII. RECOMENDACIONES

Como trabajo a futuro se recomienda:

1. complementar el estudio empleando Microscopia Electrónica de Barrido para medir los espacios en la interfaz entre el material de obturación y la dentina.
2. Realizar estudios para evaluar la biocompatibilidad y estabilidad a largo plazo de los cementos de obturación retrógrada.
3. Realizar estudios bacteriológicos para evaluar la capacidad de sellado de estos materiales de obturación retrógrada empleando *E. feacalis* como bacteria modelo.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. McClanahan SB, Crepps III JT, Maranga MC, Worrell DE, Behnia A. Glossary of Endodontic Terms Tenth Edition [Internet]. 2020. p. 35. Available from: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>
2. Hilu Rodolfo BPF. El éxito en endodoncia The success in endodontic. Raa. 2008;96:29–36.
3. Hamood E. The evaluation of success and failure of endodontic treatments. Aust Endod J. 2001;27(2):80–4.
4. Cohen S. Vías de la pulpa. 10 ma ed. Sevier, editor. Barcelona España; 2011.
5. Siqueira JF, Rôças IN. Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. J Endod. 2008;34(11).
6. F. Siqueira Jr J, Rôças IN. Microbiology of Endodontic Infections. Pathw Pulp, 11th Ed. 2016;2(5):599–629.
7. Nair PNR. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. Vol. 15, Critical Reviews in Oral Biology and Medicine. 2004. 348–381 p.
8. Jara Chalco LB, Zubiato Meza JA. Retratamiento endodóntico no quirúrgico. Rev Estomatológica Hered. 2014;21(4):231.
9. Díaz Caballero A, Ramos Manotas J, Arrieta González L. Apicectomia con obturación retrograda e injerto óseo para el tratamiento de una lesión apical. Duazary. 2010;7(2):228–33.
10. Seedat H, van der Vyver P, de Wet F. Micro-endodontic surgery - Part 1: Surgical rationale and modern techniques. South African Dent J. 2018;73(3):146–53.
11. Gómez-Carrillo V, Giner Díaz J, Maniegas Lozano L, Gaité Ballesta JJ, Castro

- Bustamante A, Ruiz Cruz JA, et al. Apicectomía quirúrgica: propuesta de un protocolo basado en la evidencia. *Rev Esp Cir Oral y Maxilofac.* 2011;33(2):61–6.
12. Hofmann Salcedo ME, Carrillo Vázquez AG, García Briones JC, Magaña Mancillas DY, Zamora Ibarra SR, Gaitán Cepeda LA. Curetaje apical y obturación retrógrada sin apicectomía. Presentación de un caso clínico. *Rev Odontológica Mex.* 2015;19(1):48–50.
 13. von Arx T. Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *Saudi Dent J* [Internet]. 2011;23(1):9–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2010.10.004>
 14. Radeva EN, Uzunov T, Kosturkov D. Microleakage associated with retrograde filling after root end resection (in vitro study). *J IMAB - Annu Proceeding (Scientific Pap.* 2014;20(3):578–83.
 15. Martí-bowen E, Peñarrocha M. Actualización en cirugía periapical. *Med Oral Patol oral y cirugía bucal.* 2006;
 16. Salcedo-moncada DE. Sellado apical de dos materiales de obturación retrógrada en dientes unirradicales. *Revista científica odontológica.* 2020;8(2):1–8.
 17. Winik R, Araki ÂT, Negrão JAA, Bello-Silva MS, Lage-Marques JL. Sealer penetration and marginal permeability after apicoectomy varying retrocavity preparation and retrofilling material. *Braz Dent J.* 2006;17(4):323–7.
 18. Canalda Sahli C, Brau Agudé E. *Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas.* 3.^a edición. 2014. 40–57 p.
 19. Seedat H, van der Vyver P, de Wet F. Micro-endodontic surgery - Part 1: Surgical rationale and modern techniques. *South African Dent J.* 2018;73(3):146–53.
 20. Locurcio LL, Leeson R. A case of periradicular surgery: apicoectomy and obturation of the apex, a bold act. *Stomatol Dis Sci.* 2017;1(2):76–80.

21. Raspall G. cirugía oral e implantología. segunda ed. Panamericana, editor. Madrid, España; 2007.
22. Aqrabawi J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J.* 2000;188(5):266–8.
23. Jos A, Manotas JR, Lani L, Gonz A, Eba S, Eba S, et al. Apicectomy con obturación retrograda e injerto óseo para el tratamiento de una lesión apical. *Duazary.* 2010;7:228–33.
24. seedat H, van der vyver P, de wet F. Micro-endodontic surgery Part 2: root-end filling materials - A literature review. *South African Dent J.* 2018;73(5):336–42.
25. Caron G, Azérad J, Faure MO, Machtou P, Boucher Y. Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: Two case reports. *Int J Oral Sci.* 2014;6(4):250–3.
26. Debelian G, Trope M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *G Ital Endod* [Internet]. 2016;30(2):70–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gien.2016.09.001>
27. Espinoza F, Lizana A. Biocerámicos en odontología , una revisión de literatura. 2020;14–21.
28. Llanos-Carazas M. Evolution of bioceramic cements in endodontics. *Conoc para el Desarro.* 2019;10(1):151–62.
29. Andrés Yáñez Braun. Cementos de obturación Biocerámicos: Una alternativa en Endodoncia. *Rev Soc Endod chile.* 2013;33:4–7.
30. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Torabzadeh H. Sealing ability of three commercial mineral trioxide aggregates and an experimental root-end filling material. *Iran Endod J.* 2006;1(3):101–5.
31. Ree M, Schwartz R. Clinical applications of premixed bioceramic materials in

- endodontics. *Endo-Endodontic Pract Today*. 2015;9(2):111–27.
32. Watts JD, Holt DM, Beeson TJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. Effects of pH and Mixing Agents on the Temporal Setting of Tooth-colored and Gray Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. 2007;33(8):970–3.
 33. Barboza M, Rojas D, Escoc K, Bonilla R. Reporte de un caso. *Jbnc - J Bras Neurocir*. 2018;18(3):56–8.
 34. Andrés Yáñez Braun. Cementos de Obturación Biocerámicos: Una nueva alternativa en Endodoncia. *Rev la Soc Endod Chile*. 2013;4–8.
 35. Camilleri J. Mineral trioxide aggregate in dentistry. Camilleri, editor. Springer; 2014.
 36. Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endod Top*. 2015;32(1):86–96.
 37. Maria D, Tomasz S. Novel bioceramic root repair materials review of the literature. *Dent Med Probl*. 2016;53(4):551–8.
 38. NeoPutty [Internet]. Available from: <https://www.avalonbiomed.com/wp-content/uploads/2020/05/MKT20014-Avalon-Biomed-NeoPUTTY-Product-Sheet-1.pdf>
 39. Edge Bioceramic Retrofill [Internet]. Available from: ftp://ftp.endoco.com/links/EdgeEndo-EdgeBioCeramicRetroFill_DFU.pdf
 40. Goodis D charle. J. Edge Bioceramic Retrofill [Internet]. p. 1–2. Available from: <https://edgeendo.com/wp-content/uploads/2018/05/EdgeBioCeramic-RetroFill-Flyer.pdf>
 41. Nabeel M, Tawfik HM, Abu-Seida AMA, Elgendy AA. Sealing ability of Biodentine versus ProRoot mineral trioxide aggregate as root-end filling materials. *Saudi Dent J* [Internet]. 2019;31(1):16–22. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.08.001>

42. Kapasi A, Bishnoi A, Meena SS, Singh P, Patodia A. Sealability of Bioceramic cements on root ends prepared using a Hard tissue LASER evaluated by Stereomicroscope - An In Vitro Study . Acta Sci Dent Sci. 2018;2(8):9–18.
43. Pradhan PK, Das S, Patri G, Patil AB, Sahoo KC PS. Evaluation of Sealing Ability of Five Different Root End Filling Material : An In Vitro Study. J Int Oral Heal. 2015;7(September):1–5.
44. Jain A, Ponnappa KC, Yadav P, Rao Y, Relhan N, Gupta P, et al. Comparison of the root end sealing ability of four different retrograde filling materials in teeth with root apices resected at different angles - an invitro study. J Clin Diagnostic Res. 2016;10(1):ZC14–7.
45. Bhatia S, Jain A, Sood H, Jain K. Comparative Study of Sealing Ability of Different Filling Materials for Root End: An In Vitro Evaluation. Dent J Adv Stud. 2021;9(01):22–6.
46. Jayasenthil A, Sathish E, Aparna P. Comparative evaluation of apical sealing ability of three root canal sealers - An in vitro study. Univers Res J Dent. 2014;4(3):163.
47. Oliveira HF, Gonçalves Alencar AH, Poli Figueiredo JA, Guedes OA, de Almeida Decurcio D, Estrela C. Evaluation of marginal adaptation of root-end filling materials using scanning electron microscopy. Iran Endod J. 2013;8(4):182–6.
48. Ravichandra P V., Harikumar V, Deepthi K, Jayaprada RS, Ramkiran D, Krishna M. JN, et al. Comparative evaluation of marginal adaptation of biodentine™ and other commonly used root end filling materials-an invitro study. J Clin Diagnostic Res. 2014;8(3):243–5.
49. Flores DSH, Ojeda FFR. Evaluación de la microfiltración apical de Biodentine ™ como material. Rev ADM. 2016;73(2):65–71.
50. Gonzalez AC. Evaluación in vitro de la capacidad de sellados de los cementos Meomta Y EndoSequence Root Repair Material Putty en obturación retrógrada.

Universidad Autónoma de Baja California;

51. Abedi-Amin A, Luzi A, Giovarruscio M, Paolone G, Darvizeh A, Agulló VV, et al. Innovative root-end filling materials based on calcium-silicates and calcium-phosphates. *J Mater Sci Mater Med* [Internet]. 2017;28(2):0–1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10856-017-5847-1>
52. Marriot GM, Mancero OC. Estudio comparativo in vitro para medir la microfiltración en la obturación retrógrada con ionómero y cemento de óxido de zinc más eugenol reforzado en dientes unirradiculares. Universidad de Guayaquil; 2015.
53. Shokouhinejad N, Nekootar MH, Ashortehyazdi K, Zahraee S, Khoshkhounejad M. Marginal adaptation of new bioceramic materials and mineral trioxide aggregate: A scanning electron microscopy study. *Iran Endod J*. 2014;9(2):144–8.